

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

На правах рукопису
УДК 004.942:519.216.3

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри ММСА

О.Л.Тимошук

«___» _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 124 Системний аналіз
на тему: «Моделі фінансових ризиків на фондовому ринку»

Виконала:

студентка II курсу, групи КА-71 мп
Мельник Юлія Євгенівна

Керівник:

професор кафедри ММСА,
д.т.н., проф. Бідюк П.І

Рецензент:

Завідувач кафедри АУТС, НТУУ «КПІ ім.Ігоря Сікорського», _____
д.т.н, проф., Теленик С.Ф.

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань
Студент _____

Київ
2018

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Рівень вищої освіти — другий (магістерський)

Спеціальність (спеціалізація) — 124 «Системний аналіз» («Системний аналіз фінансового ринку»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри ММСА

_____ О.Л. Тимощук

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студентці Мельник Юлії Євгенівни

1. Тема дисертації: «Моделі фінансових ризиків на фондовому ринку », науковий керівник дисертації Бідюк Петро Іванович, професор, доктор технічних наук, затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. № 4121-с

2. Термін подання студентом дисертації: _____

3. Об'єкт дослідження: нестационарні гетероскедастичні фінансово-економічні процеси.

4. Предмет дослідження: математичні моделі та методи опису гетероскедастичних процесів, оцінка та аналіз якості прогнозів, а також моделі

оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку. адаптивне байєсівське моделювання і прогнозування.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- 1) Огляд технічної літератури за темою роботи;
- 2) Дослідження актуальності обраної теми;
- 3) Вибір методів для моделювання і прогнозування;
- 4) Збір вхідних даних;
- 5) Виконання обчислювальних експериментів;
- 6) Аналіз результатів моделювання і прогнозування;
- 7) Проведення аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту;
- 8) Підготовка ілюстративного матеріалу;
- 9) Оформлення пояснювальної записки.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- 1) Постановка завдання дослідження;
- 2) Методи аналізу гетероскедастичних процесів;
- 3) Методологія оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку;
- 4) Наукова новизна результатів.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

(1) Моделі фінансових ризиків на фондовому ринку // Системні дослідження та інформаційні технології. – Стаття подана в редакцію журналу.

8. Дата видачі завдання: _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Отримання завдання на дипломну роботу	07.09.2018 – 09.09.2018	
2.	Огляд технічної літератури за темою	10.09.2018 – 30.09.2018	
3.	Дослідження актуальності обраної теми	01.10.2018 – 07.10.2018	
4.	Вибір методів для моделювання і прогнозування	08.10.2018 – 14.10.2018	
5.	Збір вхідних даних	15.10.2018 – 21.10.2018	
6.	Виконання обчислювальних експериментів	22.10.2018 – 28.10.2018	
7.	Аналіз результатів моделювання і прогнозування	29.10.2018 – 04.11.2018	
8.	Проведення аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту	05.11.2018 – 11.11.2018	
9.	Підготовка ілюстративного матеріалу	12.11.2018 – 18.11.2018	
10.	Оформлення пояснювальної записки	19.11.2018 – 26.11.2018	

Студент

Ю.Є. Мельник

Науковий керівник дисертації

П.І. Бідюк

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 112 с., 46 рис., 38 табл., 1 додаток, 28 джерел.

Об'єктом дослідження є нестационарні гетероскедастичні фінансово-економічні процеси.

Предмет дослідження – математичні моделі та методи опису гетероскедастичних процесів, оцінка та аналіз якості прогнозів, а також моделі оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку.

Методами дослідження виступають теорія моделювання та прогнозування часових рядів, регресійний аналіз, статистичні методи аналізу фінансових ризиків.

Метою даної роботи є побудова адекватних моделей гетоскедастичних процесів для прогнозування волатильності та оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку на їх основі.

Актуальність теми дослідження полягає у необхідності прогнозувати фінансово-економічні процеси на фондовому ринку з метою прийняття обґрунтованих та зважених рішень пов'язаних, перш за все, з фінансовим менеджментом. Проведений аналіз носить вагоме практичне застосування у сучасній фінансовій сфері, зокрема, на ринку цінних паперів.

В роботі проведено огляд основних підходів оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку. Була розглянута та проаналізована методологія VaR для оцінки рівня фінансового ризику. Проведено огляд моделей, їх особливостей при описі динаміки волатильності(дисперсії) та прогнозування її в подальшому. Було проаналізовано результати моделювання та оцінювання за-для обґрунтованого вибору найкращої моделі для оцінки ринкових ризиків.

РИНКОВИЙ РИЗИК, ФІНАНСОВИЙ РИЗИК, ФОНДОВИЙ РИНОК,
ВОЛАТИЛЬНІСТЬ, ПРОГНОЗУВАННЯ, VAR, УМОВНА АВТОРЕГРЕСІЙНА
ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНІСТЬ.

ABSTRACT

The topic: Models of financial risks in the stock market

Master's thesis: 112 p., 46 figures, 38 tables, 1 supplement, 28 sources.

The object of the research is non-stationary heteroscedastic financial and economic processes.

Subject of research - mathematical models and methods for describing heteroscedastic processes, estimation and analysis of predictive quality, as well as model of market risk assessment in the stock market.

Research methods are the theory of modeling and forecasting of time series, regression analysis, statistical methods of analysis of financial risks.

The purpose of this work is to construct adequate models of heteroskedastic processes for forecasting volatility and assessing market risks on the stock market on their basis.

The urgency of the research topic is the need to forecast financial and economic processes in the stock market in order to make informed and informed decisions, first and foremost, with financial management. Consequently, the analysis carried out has a significant practical application in the modern financial sector, in particular, in the securities market.

The paper reviews the main approaches to market risk assessment in the stock market. The VaR methodology for assessing the level of financial risk was reviewed and analyzed. An overview of the models, their features in describing the dynamics of volatility (dispersion) and forecasting it in the future. The results of modeling and evaluation of the reason for the choice of the best model for assessing market risks were analyzed.

MARKET RISK, FINANCIAL RISK, STOCK MARKET, VOLATILITY,
FORECASTING, VAR, CONDITIONAL AUTOGRASSIVE
HETEROSCEDASTICITY.

ЗМІСТ

ВСТУП	14
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ І ІСНУЮЧІ ПОДХОДИ ДО РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧ АНАЛІЗУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ НА ФОНДОВОМУ РИНКУ	18
1.1 Задачі аналізу фінансових процесів.....	18
1.2 Класифікація фінансових ризиків	20
1.3 Задачі аналізу гетероскедастичних процесів	30
1.4 Методи оцінки параметрів моделей дисперсії	43
1.5 Постановка задачі і висновки до розділу.....	50
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ. ОПИС ВИБРАНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ НА ФОНДОВОМУ РИНКУ	52
2.1 Вибір моделі для опису динаміки дисперсії	52
2.2 Метод Монте-Карло в застосуванні до моделі дисперсії	55
2.3 Оцінювання фінансових ризиків на фондовому ринку	61
2.4 Висновки до розділу.....	74
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ.....	77
3.1 Вибір процесів для оцінювання ринкових ризиків	77
3.2 Побудова математичних моделей для оцінювання ринкових ризиків та їх прогнозування 79	79
3.3 Висновки до розділу.....	112
РОЗДІЛ 4 СТАРТАП	114
4.1 Опис ідеї проекту та її технологічний аудит	114
4.2 Висновки.....	124
ВИСНОВКИ	125
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	127
ДОДАТОК А КОД ЗЧИТУВАННЯ ДАНИХ З ESIGNAL	130

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АКФ – автокореляційна функція;
АР – авторегресія;
АРКС – авторегресія з ковзним середнім;
АРУГ – авторегресійна умовна гетероскедастичність
ЕУАРУГ – експоненційна узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність;
КС – ковзне середнє;
ММП – метод максимальної правдоподібності;
ММК – метод Монте-Карло;
МНК – метод найменших квадратів;
САПП – середня абсолютна похибка в процентах;
СКП – сума квадратів похибок;
СПП – середня похибка в процентах;
ЧАКФ – часткова автокореляційна функція;
ЦП – цінний папір;
ФР – фондовий ринок;
AIC – Akaike info criterion (інформаційний критерій Акайке);
ARCH – Autoregressive Conditionally Heteroscedastic (авторегресійна умовна гетероскедастичність);
AGARCH – Asymmetrical Generalised Autoregressive Conditionally Heteroscedastic (асиметрична узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність);
BSC – Bias-Schwarz criterion (критерій Байєса-Шварца);
DW – Darbin-Watson (статистика Дарбіна-Уотсона);

EGARCH – Exponential generalized autoregressive conditional heteroscedastic (експоненційна узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність);

CVaR - Conditional Value-at-Risk (умовне VaR);

GARCH – Generalised Autoregressive Conditionally Heteroscedastic (узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність);

GJR – Glosten-Jagannathan-Runkle (Глостен-Джаганнатан-Ранкл);

IGARCH - Integrated Generalized Autoregressive Conditional heteroscedasticity (інтегрована узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність);

QGARCH – Quadratic generalized autoregressive conditional heteroscedastic (квадратична узагальнена авторегресійна умовна гетероскедастичність);

ВСТУП

Будь-яким фінансовим рішенням завжди властива наявність ризику. Ризик супроводжує нас завжди. Навіть такий надійний фінансовий інструмент як банківський вклад несе за собою ймовірність настання несприятливих умов. Однак, саме на фінансових ринках, фондовому ринку зокрема, ризики виявляються максимально яскраво.

Що ж таке фондовий ринок?! Фондовий ринок – це сукупність економічних відносин щодо випуску та обігу цінних паперів між його учасниками. Історія ринку цінних паперів нараховує декілька сторіч. Його виникнення пов'язують зі створенням у 15-16 ст. ринку державних цінних паперів. У цей період держави стали випускати та розміщати цінні папери як на державному, так і на світовому рівні з метою покриття дефіциту грошових коштів. Основними видами цінних паперів, що представлені на фондовому ринку є акції й облігації та похідні від них фінансові інструменти. З фінансової точки зору, ризик – це несприятливі зміни ціни актива. Для покупця чи «бика» на ринку цінних паперів це падіння ціни інструмента, а для продавця чи «ведмедя» - непередбачуваний ріст актива.

Важливо розуміти зв'язок ризику та потенційного доходу. Для будь-якого виду діяльності справедливе правило – чим вище ризик, тим вища бажана дохідність. Логічно, будь-який ризик вищий реальної інфляції супроводжується наявністю ризику.

Одна з основних проблем фінансових установ - оцінка ринкових ризиків, які виникають при постійних випадкових змінах котувань, процентних ставок, курсів обміну валют чи інших ринкових показників.

На сьогодні існують різноманітні технології оцінки ринкових ризиків. Наприклад, Value-at-Risk (VaR) , Capital-at Risk, Maximum Loss та ін.

Саме перша методологія набула максимальної популярності у фінансових колах. Це найбільш уніфікована міра ризику, визначена стандартами міжнародних організацій.

Традиційні лінійні моделі часових рядів дуже часто не враховують усі характеристики, властиві відповідним фінансовим даним та потребують розширення. Проведені дослідження помітили цілу низку специфічних особливостей часових рядів прибутковості активу, а саме відсутність автокореляції, лептокуртозис, ефект леверінжу та інші. Під «волатильністю» розуміють ступінь варіабельності розкиду змінної. Формально мірою волатильності виступає середньоквадратичне відхилення та дисперсія. Наразі запропоновано багато моделей, описуючих подібно поведінку часових рядів. Модель АРУГ, яка була запропонована у 1982 році Енглom та пізніше УАРУГ модель, що була виведена Боллерслевом у 1986 році. Ці дві моделі найчастіше використовуються на практиці. Вкрай важливо розуміти характер поведінки фінансових процесів даби вирішити виникаючі проблеми як незворотні інвестиції, структура процентних ставок по термінах та загальних динамічних співвідношеннях для цін фінансових інструментів тощо.

Отже, гетероскедастичні процеси чи процесі зі змінною у часі дисперсією – дуже поширений клас фінансово-економічних процесів, особливо в умовах нестійкої перехідної економіки.

Об'єктом дослідження є нестационарні гетероскедастичні фінансово-економічні процеси.

Предмет дослідження – математичні моделі та методи опису гетероскедастичних процесів, оцінка та аналіз якості прогнозів, а також моделі оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку.

Методами дослідження виступають теорія моделювання та прогнозування часових рядів, регресійний аналіз, статистичні методи аналізу фінансових ризиків.

Метою даної роботи є побудова адекватних моделей гетоскедастичних процесів для прогнозування волатильності та оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку на їх основі.

Актуальність теми дослідження полягає у необхідності прогнозувати фінансово-економічні процеси на фондовому ринку з метою прийняття обґрунтованих та зважених рішень пов'язаних, перш за все, з фінансовим менеджментом. Прогнозування дисперсії носить широке застосування у сфері фінансів, а саме: операцій на фондовому чи товарному ринку, інвестування та спекулювання. Отож, проведений аналіз носить вагоме практичне застосування у сучасній фінансовій сфері, зокрема, на ринку цінних паперів.

Перший розділ присвячен основам теоретичних та практичних аспектів ризик-менеджменту, задачам аналізу фінансових процесів. Наводиться класифікація фінансових ризиків, описано основні задачі аналізу гетероскедастичних процесів, а також існуючі методи для оцінки параметрів дисперсії. Було викладено існуючі системні підходи до аналізу фінансових ризиків.

У другому розділі даної роботи проводиться вибір моделей для опису динаміки дисперсії та оцінки її параметрів. В ході дослідження обираються такі моделі як EGARCH, QGARCH, IGARCH для опису динаміки дисперсії. Описано застосування методу Монте-Карло для оцінки параметрів дисперсії. Далі, власне, йде мова про оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку.

Третій розділ було присвячено побудові математичних моделей для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку. Детально проаналізовано побудову адекватних моделей для опису змін котувань на фондовому ринку з наявною гетероскедастичністю. Крім того, наводиться оцінка рівня фінансового ризику відповідних моделей, а далі – порівнюються отримані результати з метою застосування для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку.

Останній розділ роботи стосується опису стартап проекту, його аналізу.

Основні думки щодо проведеного аналізу та пропозиції відносно подальшого розвитку проєкту описуються у висновках.

РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ І ІСНУЮЧІ ПОДХОДИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ АНАЛІЗУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ НА ФОНДОВОМУ РИНКУ

1.1 Задачі аналізу фінансових процесів

Будь-яким фінансовим рішенням завжди властива наявність ризику. Ризик супроводжує нас завжди. Навіть такий традиційно безпечний інструмент, як банківський вклад, несе в собі певний ризик. При здійсненні фінансового аналізу на передній план виходить завдання оцінки фінансових ризиків для підприємства до максимально допустимої межі. Однак саме на фінансових ринках ризики проявляються особливо яскраво та наочно.

З фінансової точки зору, ризик - небажана зміна ціни активу. Якщо конкретніше, для покупця активу («бика») - це падіння ціни, а для продавця без покриття («ведмедя») - зростання.

Як відомо, будь-який ринковий ризик носить багатоваріантний характер. Багатогранність методів вимірювання фінансових ризиків дозволяє постійно коректувати систему економічних дій з позицій максимізації прибутку.

На даному етапі функціонування підприємств, міра впливу фінансових ризиків на результати їх діяльності і рівень фінансової безпеки невпинно зростає. Збільшення впливу фінансових ризиків суб'єктів господарювання на результати економічної діяльності викликане нестабільністю зовнішнього середовища. До нього ми відносимо економічну ситуацію в країні, появою нових інноваційних фінансових інструментів, розширення сфери фінансових стосунків, мінливість кон'юнктури фінансового ринку та низкою інших чинників. А тому ідентифікація, оцінка та відстежування рівня фінансових ризиків - одна з актуальних практичних задач в діяльності підприємств [17].

Фондовий ринок - це механізм, що забезпечує перенаправлення цінних паперів або грошових коштів з одного економічного сектора в інший. Іншими словами - це те місце, де відбувається обіг. Саме біржа створює всі необхідні умови для нормального функціонування ринку і його правильної роботи.

Основними функціями фондових бірж є:

- звести продавців і покупців, так би мовити, забезпечити "місце зустрічі" зацікавлених осіб;
- забезпечити концентрацією вільних грошових коштів, шляхом надання інвесторам широкого вибору для інвестицій, внаслідок чого, накопичується грошова маса на біржі;
- розподілити кошти між різними сферами економіки.

Фондові ринки багатьох країн, об'єднуючись в єдину систему, формують міжнародну фондову біржу. Головним законодавцем фінансових течій і володарем найбільших фінансових майданчиків вважається Американський фондовий ринок та товарний ринок .

Оцінка рівня ризиків є одним з найважливіших етапів фінансового аналізу, оскільки для управління ризиком його необхідно перш за все проаналізувати і оцінити. У економічній літературі існує безліч визначення цього поняття, проте в загальному випадку під оцінкою ризиків розуміють систематичний процес виявлення чинників і видів ризиків і їх кількісну оцінку, тобто методологія аналізу ризиків поєднує взаємодоповнюючі кількісний і якісний підходи [8].

Для математичного опису можливих втрат існує множина ідеологічно різних підходів, які ґрунтуються на класичних статистичних методах та методах інтелектуального аналізу даних. Так, для оцінювання ринкових та деяких інших видів ризиків застосовують різні варіанти методики Value-at-Risk (VaR), що дає можливість отримати прийнятні за якістю результати для практичного використання . В оцінюванні кредитних ризиків знайшли

застосування нелінійні моделі класифікаційного типу на основі логістичної регресії, лінійна регресія, метод опорних векторів (МОВ), дискримінантний аналіз, нечітка логіка, нейро-нечіткі моделі, методи байєсівського аналізу даних та дерева рішень, а також різноманітні комбінації згаданих методів. При оцінці фінансових ризиків у страхуванні використовують усі згадані вище підходи, а також теорію розподілів, узагальнені лінійні моделі, регресійний аналіз, байєсівські мережі й інші моделі і методи [10].

Вибір того чи іншого методу опису та оцінювання ризиків визначається наявністю необхідних статистичних даних, кваліфікацією виконавців, які працюють над розв'язуванням задач фінансового аналізу, доступністю програмних засобів, необхідних для виконання обчислювальних експериментів, та об'ємом матеріального забезпечення відповідного дослідження. Досвід розв'язування задач оцінювання фінансових ризиків свідчить про те, що для досягнення високоякісних результатів необхідно застосовувати ідеологічно різні методи, порівнювати і по можливості комбінувати отримані результати [19].

1.2 Класифікація фінансових ризиків

У будь-якій господарській діяльності завжди присутня небезпека фінансових втрат, які настають як наслідок тих чи інших господарських операцій. Таку небезпеку й називають фінансовим ризиком.

Фінансовий ризик — ризик, пов'язаний із ймовірністю втрати грошових коштів.

Перш за все, фінансові ризики пов'язані зі зміною на фінансовому ринку та зі змінами в економіці. Наприклад, такими змінами виступають зміна

процентної ставки, курсу валют, зміна в діяльності галузі чи конкретного позичальника[19].

Особливе значення для отримання всебічної характеристики ризиків має їх науково-обґрунтована класифікація. У спеціалізованій літературі, такої як підпричники чи посібники з управління фінансами, фінансового менеджменту та інших ризики класифікують по-різному. Це свідчить про існування різноманітних підходів до створення класифікаційних схем.

Нормативна література умовно виділяє чотири види ризику:

- кредитний ризик;
- інвестиційний ризик;
- фінансовий ризик;
- гарантійний ризик.

Отож, розглянемо наступну класифікацію фінансових ризиків, зображену на рисунку 1.1.

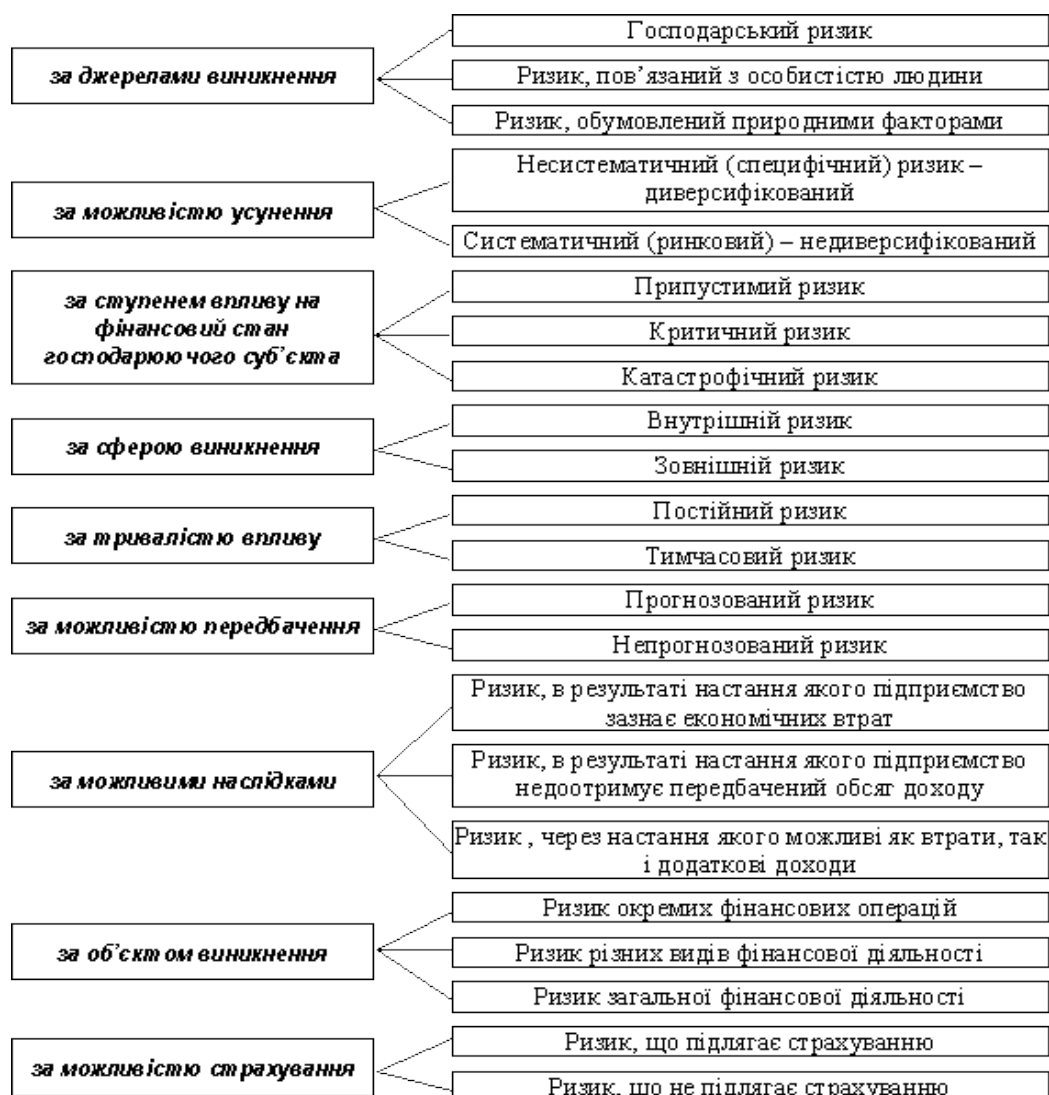


Рисунок 1.1 - Класифікація фінансових ризиків

З наведених видів ризику, які виділені за джерелами виникнення, найбільш керованим та передбачуваним є господарський ризик.

Господарський ризик - ризик, пов'язаний з веденням господарської діяльності. Часто його ще називають підприємницьким.

В загальному випадку усі підприємницькі ризики розділяють умовно на:

- маркетингові;
- ризики, пов'язані зі змінами законодавства;
- ризик неплатоспроможності;

- ризики інфляційних процесів. [20]

Маркетинговий ризик – один з основних видів ризику в умовах ринкових відносин. Цей вид господарського ризику зумовлен невизначеністю попиту на продукцію та ставить під загрозу саме існування підприємства. Прорахунки у прогнозуванні попиту інколи носять фатальні наслідки, так як вироблена продукція не буде продана, а тому, активи, вкладені у її виробництво, не повернуться взагалі чи будуть покриті частково. Як варіант, продаж продукції за нижчими за собі вартісні цінами. Упускається прибуток від реалізації тієї продукції, на яку реально існує попит.

Не менш небезпечним є ризик зміни цін. Ризик зміни цін настає при зростанні рівня цін на основні комплектуючі та послуги інших господарюючих суб'єктів, при незмінних цінах на випущену продукцію чи взагалі знецінення продукції підприємства, зниження рівня цін на продукцію підприємства при незмінних чи зростаючих цінах на матеріали та сировину, необхідну для реалізації продукції.

Комерційний ризик виникає при ускладненні при здійсненні фінансово-господарських комерційних операцій. Наприклад, це потенційні втрати підприємства від несумлінності контрагентів чи неплатоспроможності постачальників й покупців [20].

Ризик втрати майна базується на тому, що матеріальні втрати підприємства можуть бути викликані двома причинами: дією непереборної сили будь-яких стихійних сил та техногенних аварій, порушеннями в процесі виробництва, експлуатації основних засобів, зберігання матеріальних цінностей.

Ризик зміни законодавства за ступенем впливу схожий з маркетинговим ризиком. В умовах перманентного законодавства цей вид ризиків набуває особливої важливості.

Неплатоспроможність настає у разі неможливості швидкого здійсненні розрахунків. В діяльності кожного підприємства можуть виникнути випадки тимчасової відсутності високоліквідних активів у необхідній кількості. Наприклад, відсутність грошових коштів у певному обсязі. Щонайменше такий стан речей призводить до втрати часу, а до більш масштабних проблем відносять додаткові витрати, такі як упущена можливість укладання вигідного контракту для підприємства чи необхідність брати кредит.

Ризик інфляційних процесів настає у ході знецінення активів підприємства.

Причини можливих негативних фінансових результатів діяльності підприємства виникають на трьох рівнях – операційному, інвестиційному та фінансовому. На цих рівнях відповідно виникають операційні, інвестиційні та фінансові ризики. Сукупний (господарський або підприємницький) ризик розраховується як сумарна величина ризиків за всіма видами діяльності. Рівень сукупного ризику підприємства знаходиться під впливом багатьох факторів.

Операційні ризики призводять до понесення збитків від основної діяльності підприємства. Це наслідок прорахунків у виробничій сфері, постачанні та збутовій політиці.

Під інвестиційним ризиком слід розуміти ймовірність виникнення фінансових втрат в процесі здійснення інвестиційної діяльності підприємства.

Серед інвестиційних ризиків виділяють два основних види. Це - ризик фінансового інвестування (ризик на ринку цінних паперів) та ризик реального інвестування (проектні ризики) [15].

Крім того, інвестиційні ризики можна класифікувати за рівнем оцінки, причинами виникнення, видами втрат.

Ризик, пов'язаний з індивідуальним фінансовим станом інвестора підприємства, аналізується, як правило, за двома позиціями: правами, які надаються інвестору, - рівнем дивідендів, періодичністю виплат, правом голосу

при вирішенні найважливіших питань стратегії, пріоритетністю вимог інвестора в порівнянні з власниками інших цінних паперів даного підприємства; ринковою позицією даної акції – її популярністю, обсягом випуску, додатковими і наступними випусками, історією обігу на ринку [15].

За результатами комплексного аналізу приходять до висновку про інвестиційну привабливість даного виду вкладень в порівнянні з альтернативними варіантами з позиції галузевого, внутрішньофірмового та індивідуального ризику інвестора. Оскільки такий аналіз потребує значних витрат часу, він виконується не завжди, а лише при вирішенні стратегічних задач інвестування (наприклад, при купівлі права контролю над відкритим акціонерним товариством, рейтинговій оцінці).

За видом втрат інвестиційні ризики можна поділити на: ризики втраченої вигоди – ризики настання непрямого фінансового збитку (не отриманого прибутку) в результаті нездійснення будь-якого заходу; ризики зниження доходності, які можуть виникнути в результаті зменшення розміру відсотків і дивідендів за портфельними інвестиціями; ризики прямих фінансових втрат – представляють загрозу повної або часткової втрати інвестованого капіталу в результаті неправильного вибору вкладення капіталу [15].

У широкому розумінні фінансові ризики найчастіше пов'язують з операційними, інвестиційними ризиками та ризиками структури капіталу; у вузькому – з ризиками, джерелом яких є фінансова діяльність підприємства, в результаті якої змінюються склад та структура капіталу (пасивів) підприємства.

Фінансові ризики - це комерційні ризики. Ризики бувають чисті і спекулятивні. Чисті ризики означають можливість отримання збитку або нульового результату. Спекулятивні ризики виражаються в можливості отримання як позитивного, так і негативного результату. Фінансові ризики - це спекулятивні ризики. Інвестор, здійснюючи венчурне вкладення капіталу,

заздалегідь знає, що для нього можливі тільки два види результатів - дохід або збиток. Особливістю фінансового ризику є імовірність настання збитку в результаті проведення яких-небудь операцій у фінансово-кредитній і біржовій сферах, здійснення операцій з фондовими цінними паперами, тобто ризику, який впливає з природи цих операцій.

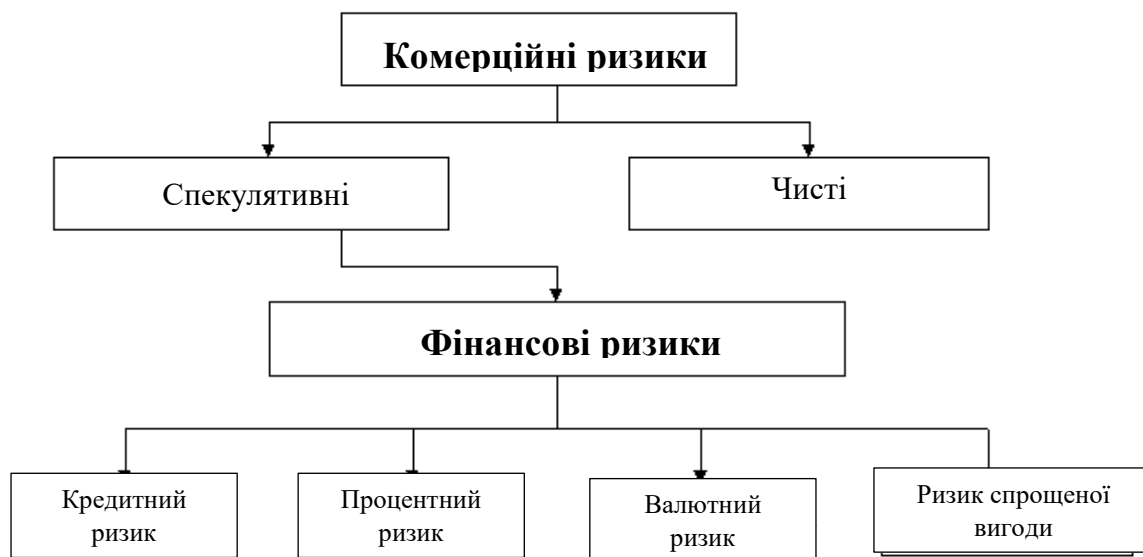


Рисунок 1.3 – Система фінансових ризиків

Вкладення в фінансові інструменти нерозривно пов'язані з ризиком настання на фондовому ринку несприятливих подій, внаслідок якого:

- прибуток виявиться нижче очікуваного;
- доходу не буде в результаті зниження вартості активу, а отже інвестор втратить частину вкладеного капіталу;
- фінансовий інструмент знеціниться.

Види ризиків на фондовому ринку:

- ціновий (товарний);
- валютний;
- процентний.

Товарний ризик на фондовому ринку - ризик зміни ціни. Це найбільш значущий для учасників фондового ринку вид ризику. Валютний та процентний ризики на ринку цінних паперів - відповідно ризики зміни валютного курсу , наприклад, при інвестиціях в іноземні активи, і відсоткової ставки.

Риски фондовому ринку за напрямом інвестування розділяють на регіональні, галузеві та країнові.

- Крайнові - це ризики інвестування в фінансові інструменти держав з нестабільним фондовим ринком.
- Галузеві - риси фондового ринку, пов'язані з особливостями конкретних галузей народного господарства.
- Риски фінансового оператора - можливі грошові втрати через нестабільність ринку, дії контрагента або відхилення фінансових результатів діяльності підприємства від запланованих показників.

Крім того, на фондовому ринку зустрічаються технологічні ризики. Цей вид ризику пов'язують з використанням торгових систем та різного спеціалізованого програмного забезпечення.

Виділяють наступні технологічні ризики:

- риси невиконання зобов'язань по поставці цінних паперів;
- риси платежу - затримка транзакцій у зв'язку з проблемами в роботі системи розрахунків;
- риси функціонування клірингової системи;
- риси переведення, пов'язані з неможливістю перевести продавцю цінного паперу коштів у необхідній валюті;

- операційні ризики.

Операційний ризик пов'язується з непрофесійною поведінкою технічних працівників та можливими програмними збоями.

Валютні ризики – це небезпека валютних втрат. Такий вид ризику виникає при зміні курсу однієї іноземної валюти по відношенню до іншої.

А ось, ризик упущеної фінансової вигоди - це ризик настання непрямого фінансового збитку, наприклад, неотримання прибутку, у результаті нездійснення якого-небудь заходу. Такого як страхування, або зупинки господарської діяльності.

Інвестування капіталу завжди супроводжується вибором варіантів інвестування та ризику. Обрання різних можливостей для вкладення капіталу дуже часто пов'язують зі значною невизначеністю.

Фінансовий ризик, як і будь-який ризик, має математично виражену ймовірність настання втрати, яка спирається на статистичні дані і може бути розрахован з досить високою точністю. Аби кількісно визначити величину фінансового ризику, варто знати всі можливі наслідки будь-якої окремої дії та сама ймовірність цих наслідків.

Величина ризику або міра ризику вимірюється двома критеріями:

- середнім очікуваним значенням;
- мінливістю можливого результату.

Середнє очікуване значення - це те значення величини події, яке пов'язане з невизначеною ситуацією. Воно є середнім очікуваним значенням і виступає середньозваженим для всіх можливих результатів, де ймовірність кожного

результату використовується як частота чи вага відповідного значення. Середнє очікуване значення вимірює результат, який очікується в середньому.

1.3 Задачі аналізу гетероскедастичних процесів

Процеси зі змінною дисперсією в часі називають гетероскедастичними, а гомоскедастичними – процеси із сталою дисперсією на проміжку часу, який розглядається при моделюванні та прогнозуванні. Гетероскедастичні процеси відносяться до широкого класу нестационарних процесів [14].

При дослідженні фінансових процесів як міру волатильності процесу використовують саме дисперсію та стандартне відхилення. Так як дисперсія змінна в часі, то варто мати таку математичну модель, яка б дозволила коректно описати поведінку дисперсії та спрогнозувати її значення на один и більшу кількість кроків. Це дасть можливість підвищити якість рішень по відношенню до управління гетероскедастичними процесами. Наприклад, коректно формулювати правила прийняття рішень відносно позицій на фондовому ринку, оцінювати міру ринкового та інших видів ризиків в банківській діяльності.

Процес вважається гетероскедастичним, якщо

$$Var[\varepsilon(k)] = \sigma_{\varepsilon}^2 \neq const. \quad (1.1)$$

Припущення щодо гомоскедастичності означає, що варіація кожної випадкової величини $\varepsilon(k)$ навколо її математичного сподівання залишається сталою величиною незалежно від значень факторів. Тобто σ_{ε}^2 не є функцією часу.

Гетероскедастичність означає, що дисперсія процесу зменшується чи збільшується в часі або є складнішою функцією часу. Тобто, дисперсія може змінюватись за досить складним законом, який і необхідно знайти при створенні моделі процесу.

Нехай оцінюється модель стаціонарного процесу авторегресії із ковзним середнім (АРКС) типу (для спрощення викладок візьмемо просто АР(1)):

$$y(k) = a_0 + a_1 y(k-1) + \varepsilon(k), \quad |a_1| < 1,$$

$$E[\varepsilon(k)] = 0, \quad E[\varepsilon^2(k)] = \sigma_\varepsilon^2, \quad E[\varepsilon(k) y(k-l)] = 0, \quad l > 0, \quad (1.2)$$

$$E[\varepsilon(k) y(k)] \approx \sigma_\varepsilon^2.$$

Слід оцінити прогноз величини $y(k+1)$, або ж, знайти оцінку $\hat{y}(k+1) = E_k[y(k+1)]$. Умовним математичним сподіванням для процесу АР(1) є:

$$E_k[y(k+1)] = a_0 + a_1 y(k). \quad (1.3)$$

Викристовуючи це умовне математичне сподівання для прогнозування значення $y(k+1)$, дисперсія похибки прогнозу визначатиметься так:

$$E_k\{[y(k+1) - a_0 - a_1 y(k)]^2\} = E_k[\varepsilon^2(k+1)] = \sigma_\varepsilon^2. \quad (1.4)$$

Знайдемо безумовне середнє, тобто:

$$E[y(k)] = a_0 + a_1 E[y(k-1)] + E[\varepsilon(k)], \quad (1.5)$$

і при $E[y(k)] = E[y(k-1)]$ маємо, що $E[y(k)] = \frac{a_0}{1-a_1}$. Воно відображає

середнє значення для послідовності $\{y(k)\}$ на нескінченному часовому інтервалі, яке дорівнює в даному випадку $a_0/(1-a_1)$, що впливає з розв'язку рівняння АР(1), яке має вигляд:

$$y(k) = a_0 \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i + y_0 a_1^k + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \varepsilon(k-i), \quad (1.6)$$

при $k \rightarrow \infty$ маємо:

$$y(k) = a_0 \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \varepsilon(k-i) = \frac{a_0}{1-a_1} + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \varepsilon(k-i), \quad |a_1| < 1 \quad (1.7)$$

Отже, дисперсію похибки безумовного прогнозу можна описати наступною формулою:

$$\begin{aligned} E\{[y(k+1) - a_0/(1-a_1)]^2\} &= \\ &= E\{[\varepsilon(k+1) + a_1\varepsilon(k) + a_1^2\varepsilon(k-1) + a_1^3\varepsilon(k-2) + \dots]^2\} = \\ &= \sigma^2/(1-a_1^2), \quad |a_1| < 1 \end{aligned} \quad (1.8)$$

Послідовність $\{\varepsilon(k)\}$ в правій частині (1.8) з'явилась у зв'язку із використанням розв'язку рівняння першого порядку для знаходження безумовного середнього. $1/(1-a_1^2) > 1$, тоді безумовний прогноз має більшу дисперсію ніж умовний. В зв'язку з цим, а також завдяки тому факту, що умовний прогноз ґрунтується на відомих поточних та минулих значеннях ряду, віддають перевагу умовному прогнозуванню [11, 14].

Якщо дисперсія послідовності $\{\varepsilon(k)\}$ змінюється в часі, то тенденцію зміни цього параметру можна описати за допомогою моделі АРКС. Наприклад, позначимо через $\{\hat{\varepsilon}(k)\}$ оцінки залишків (похибок) моделі першого порядку $y(k) = a_0 + a_1 y(k-1) + \varepsilon(k)$. У такому випадку умовна дисперсія основної змінної визначається наступним чином:

$$\text{Var} [y(k+1) | y(k)] = E_k \{ [y(k+1) - a_0 - a_1 y(k)]^2 \} = E_k [\hat{\varepsilon}^2(k+1)]. \quad (1.9)$$

Досі вважалось, що $E_k[\varepsilon^2(k+1)] = \sigma_\varepsilon^2$ є постійною величиною. А тепер вважатимемо, що дисперсія- змінна величина. Одним із простих підходів до описання такої змінної величини є застосування моделі типу AR(q) до квадратів оцінок залишків. Наприклад,

$$\hat{\varepsilon}^2(k) = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}^2(k-1) + \alpha_2 \hat{\varepsilon}^2(k-2) + \dots + \alpha_q \hat{\varepsilon}^2(k-q) + v(k), \quad (1.10)$$

де $v(k)$ – процес білого шуму з нульовим середнім для адекватної моделі [13].

Якщо всі коефіцієнти $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ рівні нулю, то оцінка дисперсії буде постійною величиною. В іншому випадку, умовна дисперсія для $y(k)$ описується виразом (1.15). Це рівняння можна використати для прогнозування умовної дисперсії на один крок [14]:

$$E_k[\hat{\varepsilon}^2(k+1)] = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}^2(k-1) + \alpha_2 \hat{\varepsilon}^2(k-2) + \dots + \alpha_q \hat{\varepsilon}^2(k-q) \quad (1.11)$$

Вираз (1.10) може бути побудований за умовою, що $\text{Var}[y(k)] \neq \text{const}$, тому (1.10) називають *авторегресійним умовно гетероскедастичним (АРУГ) рівнянням (ARCH)*. Збурення (залишки) $\varepsilon(k)$, що використовуються у (1.10), можуть бути отримані на основі рівнянь регресії, авторегресії або авторегресії із ковзним середнім низького порядку. Очевидно, що для АРУГ моделі можна знайти багато потенційних можливостей практичного і теоретичного застосування, в першу чергу для прогнозування волатильності.

Окрім рівняння типу (1.10) можна вибрати й більш складні форми

описання поведінки дисперсії. Наприклад, майже ніколи наперед невідомо як впливає збурення на процес – адитивно чи мультиплікативно. Тому його можна ввести в модель у мультиплікативній формі [14]:

$$\varepsilon^2(k) = v^2(k)[\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1)], \quad (1.12)$$

де $v(k)$ – мультиплікативне збурення у формі білого шуму, причому $\{v(k)\} \sim (0,1)$, тобто воно має нульове середнє і одиничну дисперсію; змінні $\varepsilon(k-1)$ і $v(k)$ – статистично незалежні (некорельовані) величини. Можна показати, що елементи послідовності $\{\varepsilon(k)\}$ некорельовані між собою і мають нульове середнє. Знайдемо умовне математичне сподівання для $\varepsilon(k)$. Оскільки $E[v(k)] = 0$, то

$$\begin{aligned} E[\varepsilon(k)] &= E[v(k)(\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1))^{1/2}] = \\ &= E[v(k)] E[\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1)]^{1/2} = 0. \end{aligned} \quad (1.13)$$

При $E[v(k)v(k-1)] = 0$ маємо, що

$$E[\varepsilon(k)\varepsilon(k-i)] = 0, \quad i \neq 0. \quad (1.14)$$

Можна знайти також безумовну дисперсію для $\varepsilon(k)$:

$$E[\varepsilon^2(k)] = E[v^2(k)(\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1))] = E[v^2(k)] E[\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1)]. \quad (1.15)$$

Враховуючи те, що $\sigma_v^2 = 1$, а безумовна дисперсія змінної $\varepsilon(k)$ така ж як і для $\varepsilon(k-1)$, тобто $E[\varepsilon^2(k)] = E[\varepsilon^2(k-1)]$, то безумовна дисперсія приймає значення:

$$E[\varepsilon^2(k)] = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1}. \quad (1.16)$$

Тому, на безумовне середнє та дисперсію не впливає процес $\varepsilon(k)$, який визначений рівнянням (1.16). Аналогічно можна показати, що умовне середнє процесу $\varepsilon(k)$ дорівнює нулю. Якщо $v(k)$ і $\varepsilon(k-1)$ – незалежні величини і $E[v(k)] = 0$, то умовне середнє для $\varepsilon(k)$ можна знайти як

$$E_{k-1}[\varepsilon(k) | \varepsilon(k-1), \varepsilon(k-2), \dots] = E_{k-1}[v(k)] E_{k-1}[\alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1)]^{1/2} = 0. \quad (1.17)$$

Процес, що визначається виразом (1.16), впливає на умовну дисперсію. Оскільки дисперсія $\sigma_v^2 = 1$, то умовна дисперсія для $\varepsilon(k)$ визначається як

$$E_{k-1}[\varepsilon^2(k) | \varepsilon(k-1), \varepsilon(k-2), \dots] = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1). \quad (1.18)$$

Впливає, що умовна дисперсія змінної $\varepsilon(k)$ залежить від значення $\varepsilon^2(k-1)$. Якщо остання змінна приймає велике значення, то і умовна дисперсія в певний момент k також буде мати велике значення. Рівняння (1.18) є авторегресією першого порядку, але відрізняється від звичайної авторегресії тим, що коефіцієнти α_0, α_1 повинні мати певні обмеження. Щоб забезпечити додатність дисперсії, коефіцієнти α_0, α_1 мають бути додатними. Крім того, для забезпечення стійкості (збіжності) процесу авторегресії необхідно щоб

виконувалась наступна умова [12, 13]: $0 < \alpha_1 < 1$.

Рівняння (1.15)-(1.18) показують загальні властивості будь-якого процесу АРУГ. Структура моделі така, що умовне та безумовне середнє значення похибок АРУГ дорівнює нулю (фактично, воно має дорівнювати нулю для адекватної моделі). Окрім того, послідовність $\varepsilon(k)$ є послідовно некорельованою, оскільки $E[\varepsilon(k)\varepsilon(k-s)] = 0$ для $\forall s \neq 0$. Головним моментом в даному випадку є те, що елементи послідовності $\{\varepsilon(k)\}$ зв'язані між собою через їх другий центральний момент, тобто умовну дисперсію. Якщо значення елементу $\varepsilon(k-1)$ суттєво відрізняється від нуля, що приводить до відносно великого значення $\alpha_1 \varepsilon^2(k-1)$, то дисперсія змінної $\varepsilon(k)$ має тенденцію до зростання. Тому, умовна гетероскедастичність процесу $\{\varepsilon(k)\}$ свідчить про те, що послідовність $\{y(k)\}$ також відноситься до процесу типу АРУГ [11].

Тепер встановимо як саме структура похибки впливає на послідовність $\{y(k)\}$. Важливим моментом є те, що структура похибки процесу АРУГ і автокореляційні параметри послідовності $\{y(k)\}$ взаємодіють між собою. Про це свідчать численні обчислювальні експерименти. Цьому явищу можна дати пояснення на інтуїтивному рівні. Будь-яке різке зростання модуля змінної $v(k)$ викликає збільшення дисперсії послідовності $\{\varepsilon(k)\}$; при цьому чим більше значення має коефіцієнт α_1 , тим більшим буде вплив на дисперсію. Більше того, чим більшим буде авторегресійний параметр a_1 , тим більшим буде вплив правої частини на $y(k)$. І чим більшою буде тенденція до зміни середнього значення послідовності $\{y(k)\}$, тим більшою буде її дисперсія [11].

Умовні значення середнього та дисперсії для послідовності $\{y(k)\}$ записуються так

$$\begin{aligned}
E_{k-1}[y(k)] &= a_0 + a_1 y(k-1); \\
\text{Var}[y(k) | y(k-1), y(k-2), \dots] &= E_{k-1}[y(k) - a_0 - a_1 y(k-1)]^2 = \\
&= E_{k-1}[\varepsilon^2(k)] = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2(k-1).
\end{aligned} \tag{1.19}$$

Так як α_1 і $\varepsilon^2(k-1)$ не можуть приймати від'ємних значень, то мінімальним значенням умовної дисперсії буде α_0 . Будь-яке ненульове значення змінної $\varepsilon(k-1)$ позитивно зв'язане з умовною дисперсією змінної $y(k)$ через коефіцієнт α_1 . Безумовні значення середнього та дисперсії для $y(k)$ можна отримати за допомогою розв'язку різницевого рівняння, яке описує процес $\{y(k)\}$ та математичного сподівання. Як наводилось вище, для рівняння першого порядку (при умові, що процес починається досить далеко в минулому і можна знехтувати довільною константою) розв'язок описується виразом:

$$y(k) = \frac{a_0}{1 - a_1} + \sum_{i=0}^{\infty} a_1^i \varepsilon(k-i). \tag{1.20}$$

$E[\varepsilon(k)] = 0, \forall k$, тоді безумовне математичне сподівання для останнього рівняння матиме вигляд:

$$E[y(k)] = \frac{a_0}{1 - a_1}. \tag{1.21}$$

Безумовну дисперсію для $y(k)$ також можна отримати на основі (1.24):

$$\text{Var}[y(k)] = \sum_{i=0}^{\infty} a_1^{2i} \text{Var}[\varepsilon(k-i)]. \quad (1.22)$$

Враховуючи, що безумовна дисперсія для $\varepsilon(k)$ є константою, тобто $\text{Var}[\varepsilon(k)] = \text{Var}[\varepsilon(k-1)] = \text{Var}[\varepsilon(k-2)] = \dots = \alpha_0 / (1 - \alpha_1)$, то

$$\text{Var}[y(k)] = \frac{\alpha_0}{(1 - \alpha_1)} \frac{1}{(1 - a_1^2)}. \quad (1.23)$$

Модель гетероскедастичного процесу (2.28) може бути розширена до довільного порядку і записана у наступному вигляді [11, 13]:

$$\varepsilon(k) = v(k) \left(\alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon^2(k-i) \right)^{1/2}. \quad (1.24)$$

В цьому рівнянні на змінну $\varepsilon(k)$ впливають всі значення від $\varepsilon(k-1)$ до $\varepsilon(k-q)$, а тому умовну дисперсію можна розглядати як процес авторегресії порядку q .

Наступним розширенням моделі АРУГ є описання умовної дисперсії як процесу АРКС. Нехай похибки описуються рівнянням

$$\varepsilon(k) = v(k) [h(k)]^{1/2}, \quad (1.25)$$

де $\sigma_v^2 = 1$, а умовна дисперсія $h(k)$ визначається за виразом

$$h(k) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon^2(k-i) + \sum_{i=1}^p \beta_i h(k-i). \quad (1.26)$$

Процес $\{v(k)\}$ визначено як білий шум, який є некорельованим із

значеннями $\varepsilon(k-i)$, тоді умовне і безумовне середнє для $\varepsilon(k)$ дорівнюють нулю. Звідси випливає, що безумовне математичне сподівання визначається відповідно

$$E[\varepsilon(k)] = E[v(k) (h(k))^{1/2}] = 0. \quad (1.27)$$

Умовна дисперсія змінної $\varepsilon(k)$ знаходиться як $E_{k-1}[\varepsilon^2(k)] = h(k)$. Вибіркову умовну дисперсію $h_g(k)$ можна досить наближено визначити за виразом [14]:

$$h_g(k) = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k [y(i) - \bar{y}_g(k)]^2, \quad k = 2, 3, \dots, N, \quad (1.28)$$

де $\bar{y}_g(k)$ – вибіркове умовне середнє:

$$\bar{y}_g(k) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y(i); \quad (1.29)$$

В результаті застосування цих виразів отримуємо ряд значень умовного середнього та умовної дисперсії, а це ще дві характеристики процесу, якими можна скористатись при побудові математичних і статистичних моделей.

Наближені значення умовних вибірових статистичних характеристик можна визначити, також, по аналогії з обчисленням ковзного середнього. У випадку такого підходу потрібно обрати ширину ковзного вікна і обчислити значення статистичного параметра рухаючись крок за кроком від початку до кінця часового ряду. Якщо обрати вікно шириною п'ять значень ряду, наприклад, то умовна дисперсія буде обчислюватись за виразом:

$$h_g(k) = \frac{1}{4} \sum_{i=k-2}^{k+2} [y(i) - \bar{y}]^2, \quad k = 3, \dots, N-2, \quad (1.30)$$

чи в загальному вигляді [14]:

$$h_g(k) = \frac{1}{d-1} \sum_{i=k-(d-1)/2}^{k+(d-1)/2} [y(i) - \bar{y}]^2, \quad k = \frac{d-1}{2}, \dots, N - \frac{d-1}{2}, \quad (1.31)$$

де d – ширина ковзного вікна.

Ширина вікна залежить від того, наскільки швидко змінюється дисперсія. Коли дисперсія має високу динаміку, ширина вікна становить десь 5-9. Попри наближеність таких розрахунків, практика моделювання показує, що обчислені значення виявляються досить корисними при побудові моделей. У роботі використовується ширина вікна 5.

Узагальнена модель АРУГ, яку називають УАРУГ(p, q) (GARCH), складається з двох компонент – авторегресії та ковзного середнього відносно дисперсії гетероскедастичного процесу. Процес першого порядку отримується при $p = 0, q = 1$, формально можна позначити як УАРУГ(0,1). Якщо всі коефіцієнти $\beta_i = 0$, то модель УАРУГ(p, q) еквівалентна моделі АРУГ(q). Щоб забезпечити скінченність умовної дисперсії, корені характеристичного рівняння, записаного для (1.29), повинні знаходитися всередині кола одиничного радіусу на комплексній площині [13].

Характерною особливістю УАРУГ моделі є те, що збурення, яке діє на процес $\{y(k)\}$, є процесом АРКС. Тоді можна розраховувати, що залишки моделі АРКС (попередньої моделі процесу) будуть відповідати за своїми характеристиками гетероскедастичному процесу.

Пояснимо такий момент наступним чином. Нехай $\{y(k)\}$ — процес

АРКС. Якщо модель АРКС адекватна процесу $\{y(k)\}$, то автокореляційна функція (АКФ) і часткова автокореляційна функція (ЧАКФ) залишків повинні свідчити, що це процес білого шуму. Крім цього, АКФ квадратів залишків можна використати для попереднього (наближеного) визначення порядку процесу УАРУГ. Так як $E_{k-1}[\varepsilon(k)] = (h(k))^{1/2}$, то рівняння запишемо так:

$$E_{k-1}[\varepsilon^2(k)] = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon^2(k-i) + \sum_{i=1}^p \beta_i h(k-i). \quad (1.32)$$

Рівняння (1.32) формально схоже на процес АРКС(p,q) відносно послідовності $\{\varepsilon^2(k)\}$. У випадку наявності умовної гетероскедастичності у процесі, корелограма має вказувати на цей факт.

Застосовується Q- статистика Льюнга-Бокса для визначення ступені відмінності значення вибіркової АКФ від нуля (чи є вони значними у статичному розумінні) [11]:

$$Q = N(N+2) \sum_{i=1}^n \rho(s)/(N-s) \quad (1.33)$$

Якщо значення $\hat{\varepsilon}^2(k)$ некорельовані між собою, то Q – статистика має в асимптотиці розподіл χ^2 з n ступенями свободи. За нульову гіпотезу приймається, що значення $\hat{\varepsilon}^2(k)$ некорельовані між собою. Відмова від такої нульової гіпотези свідчить, що процес АРУГ чи УАРУГ в конкретному випадку наявний.

Частіше всього моделі такого типу застосовують до аналізу та прогнозування фінансових процесів, зокрема й для процесів формування цін на біржах. Звичайно, існують недоліки при застосуванні таких моделей до задач та процесів, які при цьому розв'язуються [8, 14].

1. По відношенню до узагальнених умовно гетероскедастичних процесів не узгоджено визначення стаціонарності, тобто сильно стаціонарний процес УАРУГ не завжди буде слабо стаціонарним. Таким чином, виникає проблема визначення стаціонарності таких процесів. Визначення слабкої стаціонарності узгоджується з процесами АР та АРКС, але не узгоджується з псевдолінійними моделями АРУГ та УАРУГ. Так, для лінійних процесів формально чітко визначено, що слабка стаціонарність означає наступне: $E[y(k)] = const$, $E[y^2(k)] = const$ та $E[y(k)y(k-s)] = const$ [14].

2. З емпіричних досліджень відомо, що дохід від акцій знаходиться у від'ємній кореляції із змінами волатильності (ступеня мінливості ряду). Це явище отримало назву “леверидж” або “леверидж-ефект” (leverage-effect). Зниження ринкової вартості акціонерного капіталу збільшує відношення взятого кредиту до власного капіталу і, таким чином, підвищує ризик інвестицій в ту чи іншу компанію. Формально це проявляється у збільшенні волатильності процесу. В результаті майбутні значення волатильності від'ємно корелюють з поточним доходом (віддачею) від акцій.

Це явище можна описати наступним чином: від'ємні інновації (або нев'язки), тобто $\varepsilon(k) = y_{\text{факт.}}(k) - y_{\text{очікуване}}(k) < 0$, що трактують як “невтішні новини” – це ситуація, в якій фактичний дохід є нижчим очікуваного; це призводить до зростання волатильності. Навпаки, додатні інновації, $\varepsilon(k) > 0$, тобто “хороші новини” – це ситуація, коли фактичний дохід є вищим за очікуваний, ведуть до зменшення волатильності [13].

В даному випадку мова йде про від'ємну кореляцію між $\varepsilon(k)$ і $h(k+1)$ і ця кореляція не враховується в моделях АРУГ і УАРУГ. Дійсно, $h(k)$ – це функція власних затриманих значень та значень $\varepsilon^2(k)$, а тому вона не залежить від зміни знака $\varepsilon(k)$, а тільки від її абсолютних значень. В результаті від'ємність або додатність похибок моделі не впливають на умовну дисперсію.

Якщо послідовність $\{\varepsilon(k)\}$ має симетричний розподіл, то майбутнє значення умовної дисперсії не корелюється з поточною похибкою прогнозування.

3. Обмеження області допустимих значень параметрів α і β додатними значеннями створюють додаткові труднощі з оцінюванням моделей АРУГ.

Розглянувши усі переваги та недоліки моделей АГУР і УАГУР, можна побачити чому вони стали такими розповсюдженими та чому на сьогоднішній день існує безліч варіацій саме цих моделей.

1.4 Методи оцінки параметрів моделей дисперсії

Сутність методу найменших квадратів (полягає у знаходженні таких значень матриці параметрів A моделі, при яких сума квадратів залишків була б мінімальною. Мінімізуя суму квадратів залишків шляхом знаходження першої похідної за складовими, можна знайти оцінки для теоретичної моделі.

В специфікації класичної економетричної моделі значення I_1 вектора відхилень L незалежні між собою і мають сталу дисперсію, тобто

$$M(LL') = \delta'E \quad (1.34)$$

Цю властивість відхилень називають гомоскедастичністю і вона є однією з обов'язкових умов для застосування МНК при оцінюванні параметрів моделі.

Однак ця властивість виконується лише тоді, коли відхилення є помилками вимірювання в спостереженнях.

Якщо відхилення акумулюють загальний вплив не врахованих в моделі факторів, то дисперсія залишків змінюється для кожного спостереження або групи спостережень, тобто:

$$M(LL^T) = \delta^2 S \quad (1.35)$$

де δ лишається невідомим параметром, а S - досдатньо визначена діагональна матриця. Таке явище називають гетероскедастичністю .

При наявності гетероскедастичності оцінки параметрів моделі методом найменших квадратів будуть незміщеними, обгрунтованими, але не ефективними.

Якщо відхилення парної лінійної моделі пропорційні до величини фактора X , то

$$Y = a_0 - a_1 X - LX \quad (1.36)$$

і для оцінювання параметрів моделі МНК-методом достатньо цю рівність поділити на X . При цьому отримаємо наступний вигляд моделі:

$$\frac{Y}{X} = a_0 \frac{1}{X} + a_1 + L \quad (1.37)$$

чи

$$Y_1 = a_0 X_1 + a_1 + L \quad (1.38)$$

тобто практично змінюється специфікація моделі.

Наявність гетероскедастичності випадкових помилок призводить до неефективності оцінок, отриманих за допомогою МНК. В такому разі класична оцінка коваріаційної матриці МНК-оцінок параметрів виявляється зміщеною та

неспроможною. Статистичні висновки щодо якості отриманих оцінок можуть бути неадекватними. Саме тому, модель необхідно тестувати на гетероскедастичність при побудові регресійних моделей.

У випадку економетричної моделі з багатьма факторами таке перетворення значно ускладнюється.

Для перевірки наявності гетероскедастичності використовуються три методи:

Перший з них - *критерій μ* , що застосовується при великій вихідній сукупності спостережень. Алгоритм обчислень складається з 5 кроків.

Крок 1. Вихідні дані показника Y розбиваються на k груп згідно зі зміною рівня величини Y . ($r = 1.2 \dots k$).

Крок 2. Для кожної групи спостережень обчислюється сума квадратів відхилень:

$$S_r = \sum_{i=0}^n (y_{ir} - \bar{Y}_r)^2 \quad (1.39)$$

Крок 3. Визначається сума квадратів відхилень для всієї сукупності спостережень

$$\sum_{r=1}^k S_r = \sum_{r=1}^k \sum_{i=1}^n (y_{ir} - \bar{Y}_r)^2 \quad (1.40)$$

Крок 4. Обчислюється параметр a за формулою:

$$a = \frac{\prod_{r=1}^k \left(\frac{S_r}{n_r}\right)^{\frac{n_r}{2}}}{\left(\frac{1}{n} \sum_{r=1}^k S_r\right)^{n/2}} \quad (1.41)$$

де n — загальна сукупність спостережень. n_r - кількість спостережень r -ої групи.

Крок 5. Обчислюється критерій $\mu = -2 \ln a$, який наближено відповідає розподілу χ^2 . Якщо $\mu < \chi^2$ табл. при вибраному рівні довіри і ступені свободи $(k - 1)$, то гетероскедастичність відсутня.

Параметричний тест Гольдфельда - Квандта застосовується до кожної сукупності спостережень, коли дисперсія відхилень зростає пропорційно до кванта одного із значень факторів моделі $Y = AX + L$

$$M(LL^T) = \delta^2 x_y^2 \quad (1.42)$$

Даний тест також складається з p кроків.

Крок 1. Вихідні дані спостережень впорядковуються відповідно до величини елементів фактора X_1 , який може викликати зміну дисперсії відхилень.

Крок 2. Відкинути c спостережень, які містяться в центрі вектора X_1 . Якщо n - кількість елементів X_j , то для визначення c використовують оптимальне співвідношення

$$\frac{c}{n} = \frac{4}{15} \quad (1.43)$$

Крок 3. Якщо $n - c$ спостережень утворюють дві сукупності спостережень об'єму n_1 та n_2 і для кожної з них будують економетричну модель на основі методу найменших квадратів (m - кількість факторів моделі).

Крок 4. Знаходиться сума квадратів відхилень для кожної моделі

$$S_1 = L_1^T L_1; \quad S_2 = L_2^T L_2 \quad (1.44)$$

Крок 5. Обчислюється критерій

$$R = \frac{S_1}{S_2} \quad (1.45)$$

який в разі виконання гіпотези про гетероскедастичність відповідає F – розподілу з

$$k_1 = \frac{n_1 - c - 2m}{2} \quad (1.46)$$

та

$$k_2 = \frac{n_2 - c - 2m}{2} \quad (1.47)$$

ступенями вільності.

Значення R порівнюється з табличним значенням F статистики при вибраному рівні надійності і ступенях вільності k_1 та k_2 .

Якщо $R \leq F$ табл., то гетероскедастичність відсутня.

Непараметричний тест Гольдфреда — Квандта базується на кількості піків величини відхилень після упорядкування спостережень по X_{ij} .

Якщо для усіх спостережень x_{ij} відхилення розділяються приблизно однаково, то дисперсія їх є однорідною, в протилежному випадку дисперсія змінюється, тобто є гетероскедастичність.

Тест Глейсера дозволяє розрізнити випадки чистої і змішаної гетероскедастичності. Чистій гетероскедастичності відповідають значення параметрів моделі $a_0 = 0$, $a_1 \neq 0$, а змішаної: $a_0 \neq 0$, $a_1 \neq 0$.

Тест Глейсера базується на побудові регресивної функції, що характеризує залежність модуля величини відхилень від фактора X_j , який може викликати зміну дисперсії відхилень.

Аналітична форма регресійних функцій може мати вигляд:

$$|L| = a_0 + a_1 X_j \quad (1.48)$$

або

$$|L| = a_0 + \frac{a_1}{X_j} \quad (1.49)$$

Рішення про відсутність гетероскедастичності приймається на основі значущості оцінок a_0 та a_1 .

Коли дисперсії відхилень змінні, тобто визначаються рівністю, треба визначити матрицю S , яка в наслідок відсутності коваріації між відхиленнями повина мати вигляд

$$S = \begin{pmatrix} \frac{1}{\lambda_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\lambda_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\lambda_n} \end{pmatrix} \quad (1.50)$$

Значення λ_i , знаходять в залежності від висунутої гіпотези відносно дисперсії відхилень:

якщо дисперсія відхилень пропорційна до зміни x_i , тобто $M(LL^T) = \delta^2 x_{ij}^2$ тоді $\lambda_1 = \frac{1}{x_{ij}}$

Якщо дисперсія відхилень пропорційна до зміни x_{2ij} тобто $M(LL^T) = \delta^2 x_{ij}^2$ тоді $\lambda_1 = \frac{1}{x_{ij}^2}$

Якщо ж дисперсія відхилень пропорційна до зміни квадрата модуля відхилень, тобто $M(LL^T) = \delta^2 |L|^2$ тоді $\lambda_1 = \frac{1}{x_{ij}^2}$

Узагальнений метод найменших квадратів (метод Ейткена)

При наявності гетероскедастичності для оцінки параметрів моделі використовують метод Ейткена.

Нехай розглядається економетрична модель $Y = AX + L$

Коли

$$M(LL^T) = \delta^2 S \quad (1.51)$$

За методом Ейткена оцінки А вектора А знаходять за формулою:

$$\hat{A} = [X^T S^{-1}]^{-1} X^T S \quad (1.52)$$

Ця оцінка є незміщеною лінійною оцінкою А (параметрів моделі), яка має найменшу дисперсію відхилень і матрицю коваріацій

$$\text{var} \hat{A} = \delta^2 [X^T S^{-1} X]^{-1} \quad (1.53)$$

При наявності гетероскедастичності оцінки А параметри економетричної моделі, знайдені узагальненим методом найменших квадратів, будуть ефективнішими оцінок, які можна одержати звичайнім методом найменших квадратів.

Дисперсія відхилень визначається за формулою:

$$\delta_L^2 = \frac{1}{n-m} L^T S^{-1} L \quad (1.54)$$

1.5 Постановка задачі і висновки до розділу

Отже, підсумуємо усе вище сказане. Задачі пов'язані з ризик-менеджментом є дуже актуальними. Цей тип задач зустрічаються майже у будь-якій сфері людської діяльності. Особливо корисними задачі математичного моделювання, оцінювання й прогнозування ризиків є для банків, страхових компаній, інвестиційних компаній, виробничих підприємств, які працюють в умовах жорсткої конкуренції та мінливої кон'юнктури, на фондовому ринку тощо.

В ході проведення фінансового аналізу постає необхідність оцінити фінансовий ризик до максимально допустимої межі.

Оцінка рівня ризику - один з найважливіших етапів фінансового аналізу, так як щоб управляти ризиком спочатку варто його проаналізувати та оцінити.

Аби математично описати можливі втрати на сьогодні існує низка ідеологічно різних підходів, що ґрунтуються на класичних статистичних методах та методах інтелектуального аналізу даних. Так, при оцінці ринкових та деяких інших видів ризику використовують різні варіанти методики Value-at-Risk, байєсівський підхід та ін. Вони дають можливість отримати прийнятні за якістю результати для практичного використання.

Вибір того чи іншого методу опису та оцінювання ризиків визначається наявністю необхідних статистичних даних, кваліфікацією виконавців, що працюють над розв'язуванням задач фінансового аналізу, доступністю програмних засобів, необхідних для виконання обчислювальних експериментів, та об'ємом матеріального забезпечення відповідного дослідження.

Фінансові ризики перш за все пов'язані зі змінами на фінансовому ринку та змінами в економіці. До таких змін відносять: зміну процентних ставок, коливання курсу валют, зміни в діяльності галузі чи конкретного позичальника.

Фінансові ризики класифікують за джерелами виникнення, за можливістю їх усунення, за ступенем впливу на фінансовий стан господарюючого суб'єкта, за сферою виникнення, тривалістю впливу, можливістю передбачення та можливими наслідками тощо.

У широкому розумінні фінансові ризики найчастіше пов'язують з операційними, інвестиційними ризиками та ризиками структури капіталу; у вузькому – з ризиками, джерелом яких є фінансова діяльність підприємства, в результаті якої змінюються склад та структура капіталу (пасивів) підприємства.

Управління ризиком базується на загальних універсальних властивостях системи управління ризиком, які можна представити у вигляді основних принципів. До їх числа відносять системний характер управління ризиком, відповідність системи управління ризиком загальним цілям і завданням носія ризику, врахування зовнішніх і внутрішніх обмежень системи управління ризиком, підтримання динамічного характеру системи управління ризиком.

Системний характер управління ризиком – це комплексний розгляд сукупності всіх ризиків як єдиного цілого, враховуючи всіх можливі взаємозв'язків та можливі наслідки, що має на увазі високоспеціалізований характер прийняття рішень стосовно управління ризиком, а також проведення єдиної політики управління ризиками.

Метою даного дослідження є побудова адекватних моделей для оцінки фінансового ризику на фондовому ринку, а також проведення аналізу на сонові отриманих даних.

РОЗДІЛ 2 СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ. ОПИС ВИБРАНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ НА ФОНДОВОМУ РИНКУ

2.1 Вибір моделі для опису динаміки дисперсії

Як зазначалося раніше, при дослідженні фінансових процесів дисперсію та стандартне відхилення використовують як міру волатильності процесу. Так як дисперсія змінна у часі, то варто мати таку математичну модель, яка б дозволила б коректно описати поведінку дисперсії, а згодом й спрогнозувати її значення на необхідну кількість кроків.

Такі відомі моделі як ARCH, GARCH, на жаль, як правило, не дають можливості обчислити високоякісні прогнози дисперсії. Подальший розвиток даних моделей пішов у двох напрямках. Деякі дослідники зконцентрувались на дослідженні стрибків доходності у моделі за допомогою моделі Пуассонівських стрибків. Суть другого підходу полягає у спробі змінити нормальний розподіл розподілом з більш «тяжкими» хвостами.

Далі розглянемо певні приклади модифікацій моделей ARCH та GARCH. Їх мета – врахувати інколи спостережувальну на фінансових ринках асиметрію. Це, наприклад, можуть бути резонансні новини, які суттєво впливають на волатильність фінансових інструментів. При цьому, необхідно зазначити, що негативні новини є більш резонансними за очевидними причинами. Перш за все це пов'язано з психологією поведінки учасника ринку на непередбачувані збитки. Цей ефект інколи називають ефектом левериджу чи важеля. Він пов'язаний напряму з одним із пояснень цього явища, а саме: ціни акцій знижуються, збільшуючи фінансовий леверидж компаній, а відповідно і рівень ризику. В рамках класичних GARCH-моделей цей ефект леверенжу

пояснити неможливо, бо умовна дисперсія залежить від квадратів минулих значень ряду і не залежить від знаків. [13]

У 1991 році Нельсоном була запропонована модель EGARCH. В цій моделі, крім обліку асиметрії, розв'язується питання позитивної визначеності моделі. Замість умовних дисперсій в моделі беруть участь їх логарифми. Модель EGARCH(p, q) чи EУАРУГ(p, q) записується наступним чином:

$$\log(h(k)) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \frac{|\varepsilon(k-i)|}{h(k-i)} + \sum_{i=1}^q \gamma_i \frac{\varepsilon(k-i)}{h(k-i)} + \sum_{i=1}^p \beta_i \log(h(k-1)) + \varepsilon_1(k) \quad (2.1)$$

В моделях GARCH(p, q) умовна дисперсія залежить від розміру залишків, а не від їх знаків. Описана модель же моделює умовну дисперсію, як асиметричну функцію значень ε , що дозволяє додатнім та від'ємним попереднім значенням ε мати різний вплив на волатильність. Представлення в логарифмічному вигляді дозволяє включити від'ємні значення залишків, не отримуючи при цьому від'ємну умовну дисперсію.

Порогові моделі GARCH (Threshold GARCH, TGARCH) були запропоновані Закояном у 1991 році і незалежно від нього Глостеном, Джаганнатаном і Ранкл в 1993 році (останню модель позначають за першими літерами імен авторів GJR-GARCH) [13]. Суттєва відмінність цих двох моделей полягає тільки у тому, що модель Закояна використовує умовні стандартні відхилення, а модель GJR - умовну дисперсію. Моделі можна записати у вигляді:

$$\sigma_t^\delta = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q (\alpha_i \varepsilon_{t-i}^\delta + \gamma_i I_{t-i} \varepsilon_{t-i}^\delta) + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^\delta, \quad (2.2)$$

$$I_t = \begin{cases} 1, \varepsilon_t < 0 \\ 0, \varepsilon_t \geq 0 \end{cases}$$

де для моделі Закояна $\delta = 1$, а для моделі GJR - $\delta = 2$.

Функція - індикатор у цій моделі застосовується аби врахувати ефект леверинжу. Якщо коефіцієнти $\gamma \neq 0$ (є статистично значущими), то робиться висновок, що в динаміці умовної дисперсії присутня асиметрія [11-13].

Квадратична GARCH (QGARCH) модель була запропонована Сентаною у 1995 році.

Модель описується виразом:

$$\sigma_t^2 = \sigma^2 + a^T x_{t-q} + x_{t-q}^T A x_{t-q} + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2, x_{t-q} = (u_{t-1} \dots, u_{t-q})^T \quad (2.3)$$

де A – симетрично додатньовизначена матриця, а a – додатній вектор.

Модель QGARCH враховує окрім ефекту левериджу також і можливу взаємодію впливу лагів завдяки внедіагональним елементам матриці A . У разі, якщо матриця A діагональна, а вектор a нульовий, то отримуємо стандартну модель GARCH. Якщо при діагональній матриці A вектор a не дорівнює нулю, то маємо асиметричну модель GARCH.

Асиметричну GARCH (AGARCH) модель запропонував Енгл у 1990 році.

Модель описується виразом :

$$\sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i (u_{t-i} - \gamma)^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2.4)$$

Нелінійна AGARCH (1,1) – модель (NAGARCH) запропонована Енгілом та Ином у 1993 році, яка записується так:

$$\sigma_t^2 = a_0 + \alpha_1 \left(\frac{u_{t-1}}{\sigma_{t-1}} - \gamma \right)^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (2.5)$$

Крім, описаних вище моделей, розрізняють моделі з довгою пам'яттю. Наприклад, модель IGARCH (Integrated Generalized Autoregressive Conditional heteroscedasticity). Це обмежена версія моделі GARCH. У ній присутня не стаціонарність. Властивість виконується при умові, якщо:

$$\sum_{i=1}^p \beta_i + \sum_{i=1}^q \alpha_i = 1 \quad (2.6)$$

Вже було сказано, що на сьогодні існують різноманітні модифікації моделей GARCH. Попри вищевказані, розрізняють такі узагальнюючі моделі як APGARCH (асиметрична степенна модель), модель Хентшеля, регресійні моделі з GARCH – похибкой тощо.

2.2 Метод Монте-Карло в застосуванні до моделі дисперсії

Довгострокові вкладення у фінансові та економічні ресурси з метою отримання прибутку у майбутньому називається інвестиціями. Це ключовий момент при створенні чи організації, реалізації інвестиційного проекту тощо. Вціломуц весь інвестиційний процес грає важливу роль. Його попередній аналіз, моніторинг, корекція інвестиційного проекту в процесі виконання та завершення даного проекту.

Найголовнішою складовою аналізу інвестицій на фондовому ринку у нашому випадку є оцінка ризиків. Ризик - це можливість виникнення в ході торгової сесії умов, при яких настають негативні наслідки для учасників фондового ринку, а відповідно чи скорочення значне запланованого прибутку чи взагалі позиція стає збитковою. [6]

Інвестиційний ризик - це такий вид ризику, в результаті якого відбувається знецінення вкладень капіталу, виникає небезпека втрати інвестицій і непередбачених фінансових втрат (втрата доходів, капіталу, зниження прибутку) в ситуації невизначеності умов інвестування коштів [3].

Показники і методи оцінки ефективності інвестиційного проекту використовуються, з метою визначення ефективності обраних інвестицій (коли необхідно зробити вибір: чи відкривати позицію на ринку у певній акції), порівняння альтернативних інвестиційних позицій (якщо варто вибрати певну акцію для відкриття у неї позиції на ринку з десятків інших акцій компаній).

Методи кількісної оцінки припускають чисельне визначення величини ризику інвестиції. Якщо точні оцінки параметрів задати неможливо, проте є можливість визначити інтервали вірогідного коливання показників. У такому разі застосовують метод імітаційного моделювання Монте-Карло. Цей метод моделює безліч можливих випадкових сценаріїв. Результат аналізу ризику виражається у вигляді ймовірності [1].

Застосування методу на практиці наглядно продемонструвало широкі можливості застосування при інвестиційному проектуванні, а особливо за умов невизначеності.

Ідея методу полягає в з'єднанні аналізу чутливості та ймовірнісних розподілів факторів моделі. Замість створення окремих сценаріїв (найкращий, найгірший і найбільш ймовірний), в імітаційному методі генеруються сотні можливих комбінацій факторів з урахуванням їх ймовірнісного розподілу. [6]

Як уже зазначалося, аналіз ризиків з використанням методу Монте-Карло є "возз'єднання" методів аналізу чутливості та аналізу сценаріїв на основі теорії ймовірностей.

Результат цього комплексного аналізу - розподіл ймовірностей можливих результатів проекту. Наприклад, вірогідність отримати $NPV < 0$.

Спочатку при застосуванні методу Монте-Карло визначається функція розподілу кожної змінної, що впливає на формування потоку готівки. Частіше за все, що функція розподілена за Гаусівським законом, і, отже, для того, щоб задати її варто визначити лише математичне сподівання та дисперсію.

Визначивши функцію розподілу, застосовується процедура Монте-Карло.

Опишемо алгоритм методу імітації Монте-Карло.

Крок 1. Опіраючись на використання статистичного пакету, випадковим чином обирається, ґрунтуючись на ймовірнісній функції розподілу значення змінної, що є одним з параметрів визначення потоку готівки.

Крок 2. Вибране значення випадкової величини поряд зі значеннями змінних, які є екзогенними змінними використовується при розрахунку чистої приведеної вартості проекту.

Перші два кроки повторюються n разів і далі отримані значення чистої приведеної вартості проекту використовуються для побудови щільності розподілу величини чистої приведеної вартості з власним математичним сподіванням та дисперсією.

Використовуючи значення математичного очікування та дисперсії, обчислюється коефіцієнт варіації чистої приведеної вартості проекту і далі оцінюється індивідуальний ризик проекту, як і в аналізі методом сценаріїв.

Після цього варто визначити мінімальне та максимальне значення критичної змінної, а для змінної з покроковим розподілом крім цих двох ще і інші значення, що приймаються нею. Крайні границі варіювання змінної визначаються, просто виходячи з усього спектра можливих значень.

За минулим спостереженнями за змінної можна встановити частоту, з якою та приймає відповідні значення. В даному разі ймовірнісний розподіл є тим самим частотним розподілом, який показує частоту зустрічальності значення, однак лише у відносному масштабі – від 0 до 1. Ймовірнісний розподіл регулює ймовірність вибору значень з певного інтервалу. Відповідно

до заданим розподілом модель оцінки ризиків буде вибирати довільні значення змінної. В рамках моделі ймовірнісного аналізу ризиків проводиться велика кількість ітерацій, яка дозволяє встановити поведінку результативного показника при підстановці у модель різних значень змінної відповідно до заданого розподілу.

Існування корельованих змінних в проектному аналізі викликає часом проблему, не розглянути яку означало б заздалегідь приректи себе на невірні результати. Адже без урахування коррелированности, скажімо, двох змінних - комп'ютер, вважаючи їх повністю незалежними, генерує нереалістичні проектні сценарії. Припустимо ціна і кількість проданого товару є дві негативно корельовані змінні. Якщо не буде уточнена зв'язок між змінними (коефіцієнт кореляції), то можливі сценарії, випадково що виробляються комп'ютером, де ціна і кількість проданої продукції будуть разом або високі, або низькі, що природно негативно позначиться на результаті.

Завершальна стадія аналізу проектних ризиків - інтерпретація результатів, зібраних в процесі ітераційних розрахунків. Результати аналізу ризиків можна представити у вигляді профілю ризику. На ньому графічно показується ймовірність кожного можливого випадку (маються на увазі ймовірності можливих значень результативного показника).

Часто при порівнянні варіантів капіталовкладень зручніше користуватися кривою, побудованої на основі суми ймовірностей (кумулятивний профіль ризику). Така крива показує ймовірності того, що результативний показник проекту буде більше або менше певного значення. Проектний ризик, таким чином, описується становищем і нахилом кумулятивного профілю ризику.

Кумулятивний (інтегральний, накопичений) профіль ризику, показує кумулятивний розподіл усіх розподілів чистої поточної вартості (NPV) з точки зору інвестора, трейдера чи фінансового консультанта.

Схильні до ризику інвестори зволіють можливість отримання високого прибутку і, таким чином, підуть на підвищений ризик. А ось консервативні інвестори зроблять кардинально інакше. У їх пріоритеті позиції з невеликими ризиками та невеликими прибутками з них.

Очікувана вартість агрегує інформацію, що міститься в імовірнісному розподілі. Вона виходить множенням кожного значення результативного показника на відповідну ймовірність і наступного підсумовування результатів. Сума всіх негативних значень показника, перемноження на відповідні ймовірності є очікуваний збиток. Очікуваний виграш - сума всіх позитивних значень показника, перемноження на відповідні ймовірності. Очікувана вартість є, звичайно, їх сума.

Як індикатор ризику очікувана вартість може виступати як надійна оцінка лише в ситуаціях, де операція, пов'язана з даним ризиком, може бути повторена багато разів. Як приклад можемо привести ризик, яким страхуються страхові компанії, у випадку коли дані компанії пропонують зазвичай однакові контракти великому числу клієнтів.

Рішенні інвесторі не повинне ґрунтуватись лише на одному значенні очікуваної вартості, так як індивід не може бути байдужим до різних комбінацій значення показника віддачі та відповідної ймовірності, з яких складається очікувана вартість.

Витрати невизначеності чи цінність інформації- корисне поняття, яке допомагає визначити максимально можливу плату за отримання інформації, що скорочує невизначеність проекту. Ці витрати можна визначити як очікувану вартість можливого виграшу під час вирішення відхилити проект або як очікувану вартість можливого збитку при вирішенні прийняти проект.

Оцінивши можливе скорочення витрат невизначеності при придбанні додаткової інформації, інвестор приймає рішення чи відкласти прийняття

рішення ,чи відхилити таку поцію і шукати додаткову інформацію або приймати рішення негайно.

Взагалі, основне правило – інвестору варто відкласти рішення, коли можливе скорочення у витратах невизначеності перевищує витрати добування додаткової інформації.

Коефіцієнт варіації – це стандартне відхилення результативного показника, поділене на його очікувану вартість. При позитивній очікуваній вартості чим нижче коефіцієнт варіації, тим менше позиційний ризик.

Незважаючи на свої переваги, метод Монте-Карло є широко поширеним та не використовується шороко у бізнесі. Головна причина - невизначеність функцій щільності змінних, що використовуються при підрахунку потоків готівки.

Наступна проблема що постає - застосування обох методів не дає однозначної відповіді на питання про те, чи варто реалізовувати потенційну позицію.

Завершуючи аналіз, проведений методом Монте-Карло, фінансовий аналітик має значення очікуваного прибутку від позиції та щільність розподілу цієї випадкової величини. Наявність таких даних не забезпечує трейдера інформацією про те, чи дійсно прибутковість позиції досить велика, щоб компенсувати ризик закладений ризик, оцінений стандартним відхиленням та коефіцієнтом варіації.

Деякі дослідники уникають використання ММК, бо вважають досить складним при побудові ймовірнісної моделі та містить безліч обчислень. При коректності моделі цей метод дає досить надійні результати, які дозволяють об'єктивно оцінювати щодо прибутковості позиції на ринку, а також щодо її стійкості.

Залежно від результатів проведеного аналізу ризиків, а також від того, наскільки інвестор схильний до ризику, приймається людиною рішення відкривати позицію в обраній акції чи не варто.

2.3 Оцінювання фінансових ризиків на фондовому ринку

VaR — виражена в грошових одиницях оцінка величини, яку не перевищать очікувані протягом даного періоду часу втрати з заданою вірогідністю. Основою для оцінки VaR є динаміка курсів і цін інструментів за встановлений період часу в минулому.

VaR характеризується трьома параметрами:

1. Часовий горизонт, який залежить від ситуації, що розглядається. За Базельським документам - 10 днів, за методикою Risk Metrics - 1 день. Найчастіше поширений розрахунок з тимчасовим горизонтом 1 день. 10 днів використовується для розрахунку величини капіталу, що покриває можливі збитки.
2. Довірчий рівень (confidence level) - рівень допустимого ризику. За Базельським документам використовується величина 99%, в системі RiskMetrics - 95%.
3. Базова валюта, в якій вимірюється показник.

VaR - це величина збитків, яка з ймовірністю, що дорівнює рівню довіри (наприклад, 99% чи 95%), не буде перевищена. Отже, в 1% та 5% відповідно випадків збиток складе величину, більшу ніж VaR.

Простіше кажучи, обчислення величини VaR проводиться з метою укладення затвердження подібного типу: «Ми впевнені на X% (з ймовірністю X

/ 100), що наші втрати не перевищать Y доларів протягом наступних N днів». В даному реченні невідома величина Y і є шуканим VaR .

Іншими словами, нехай, результати x альтернативи X , що становлять можливий виграш, розподілені відомим чином на деякому інтервалі. При обчисленні величини найчастіше передбачається, що ринок веде себе «нормальним» чином. Тоді показник VaR_α буде відповідати мінімальному виграшу, на який може розраховувати учасник фондового ринку у нашому випадку із заданою їм ймовірністю α . Тобто, ймовірність того, що випадкова величина X прийме значення вище VaR_α , дорівнює α [10]. Значить, ймовірність виявитися не вище VaR становить $(1 - \alpha)$:

$$P(X \leq VaR_\alpha) = 1 - \alpha \quad (2.7)$$

Формулу (2.7) можна інтерпретувати таким чином: очікувана кількість ризику VaR перевищить реальну кількість ризику X за часовий горизонт t з ймовірністю α ($\alpha=0,01; 0,05$ і т.п.).

Після цього сформулюємо визначення більш формально у сенсі оцінювання ринкових ризиків: при заданому рівні ймовірності $(1 - \alpha)$, VaR є передбачуваною кількістю втрат фінансового інструменту (портфелю) протягом заданого часового горизонту.

Припускаючи, що дохідність величина розподілена нормально, VaR визначається значенням $VaR_t^{(1-\alpha)}$, яке задовольняє умові [13]:

$$\alpha = P(r_t \leq VaR_t^{(1-\alpha)}) = \int_{-\infty}^{VaR_t^{(1-\alpha)}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} r_t^2\right) dr_t, \quad (2.8)$$

де P_t — спостережуване значення ціни акції (портфелю) в момент часу t , відповідно r_t — доходність активу (портфелю).

Випливає, що $VaR_t^{(1-\alpha)} = \xi_\alpha$, де ξ_α — $(1 - \alpha)$ -процентний квантиль розподілу випадкової величини. В загальному випадку, $\xi_t \sim N(\mu_t, \sigma_t^2)$, тоді:

$$\alpha = P(\xi_t \leq VaR_t^{(1-\alpha)}) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{VaR_t^{(1-\alpha)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\xi_t - \mu_t}{\sigma_t}\right)^2\right) d\xi_t \quad (2.9)$$

Звідси маємо,

$$VaR_t^{(1-\alpha)} = \mu_t + \xi_\alpha \sigma_t \quad (2.10)$$

Отже, роблячи припущення, що $r_t \sim N(0,1)$ ймовірність втрати менше ніж $VaR_t^{(0.95)} \equiv VaR_t^{(1-0.05)} = -1.645$ дорівнює $\alpha = 5\%$. Значення $VaR_t^{(1-\alpha)}$ означає вартість під ризиком при рівні довіри $(1 - \alpha)$ [11, 12].

На рисунку 2.1 наведена графічна інтерпретація критерію VaR [8].

Заштрихована область на рисунку відповідає відповідно вибраному рівню довіри. У даному випадку це 95%. VaR є максимальною величиною можливих втрат, які відповідають заданому рівню довіри.

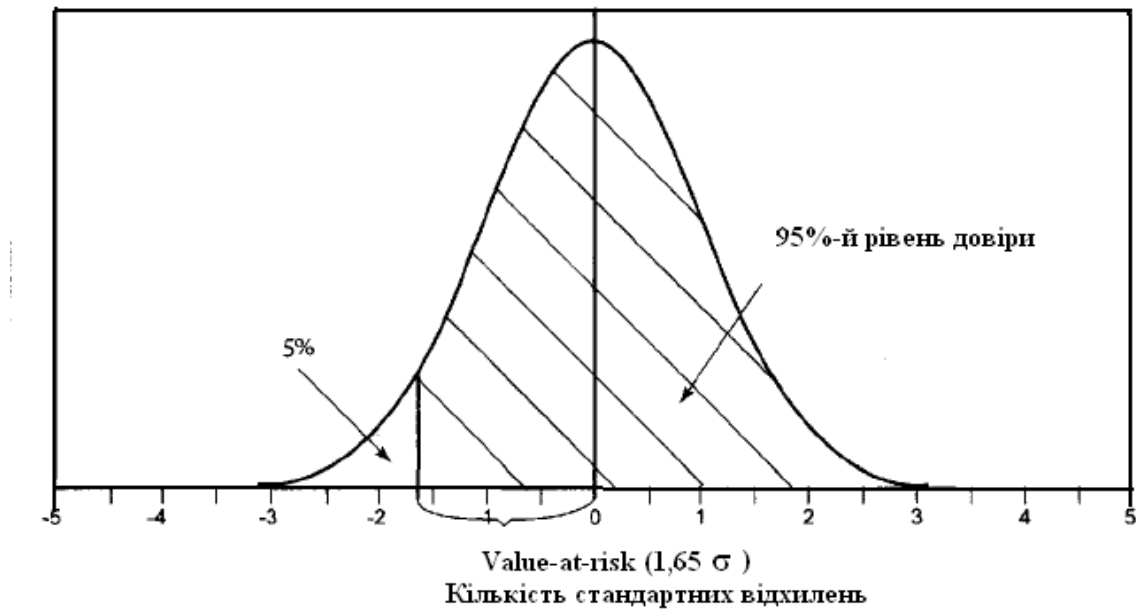


Рисунок 2.1 — Визначення величини VaR на графіку щільності розподілу

Розрізняють дві основні групи підходів до обчислення VaR [8]:

- параметричні методи (засновані на так званому «локальному оцінюванні»);
- непараметричні методи (використовують «повне оцінювання», тобто повний перерахунок вартості фінансового інструменту без апроксимуючого припущення).

У будь-якому випадку, модель VaR необхідно верифікувати щоб уникнути ризику застосування неадекватної моделі. Провести «бек-тестування». Верифікація дозволяє встановити ступінь адекватності використаної моделі оцінки ризику у вигляді показника VaR реальним умовам ринку [5].

Процес верифікації у загальному випадку відбувається саме так:

1. Нехай розраховано N значень VaR обраним методом із заданими параметрами та ймовірністю α .

2. Далі проводиться оцінка N фактичних змін вартості активу (портфеля) V_i у часі для кожного періоду, для якого був розрахований VaR :

$$\Delta V_i = V_i - V_{i-1}, i=1, 2, \dots, N. \quad (2.11)$$

3. Порівняння денних значень VaR і відповідних їм фактичних змін вартості портфеля ΔV_i . У разі, коли виконуються умова (2.12), тобто зміна вартості від'ємна (збиток) і при цьому по абсолютній величині перевершує VaR , вважається випадком перевищення. Підраховується загальна кількість перевищень L .

$$\Delta V_i < 0, |\Delta V_i| > VaR_i, \quad (2.12)$$

4. Якщо за весь період бек-тестування відношення кількості перевищень змін вартості портфеля розрахованих значень ризикових вартостей до загальної кількості значень N не більша, ніж задана ймовірність розрахованого значення VaR , параметри застосовуваної VaR моделі вважаються адекватними. Іншими словами, адекватність моделі перевіряється за виконання наступного співвідношення :

$$\frac{L}{N} \leq \alpha \quad (2.13)$$

При більшій кількості спостережень легше відкидається модель оцінки VaR у випадку її некоректності. Чим менше задана ймовірність, тим важче

зрозуміти, чи завищена оцінка VaR . Саме тому на практиці найчастіше використовується ймовірність на рівні 5%.

У випадку коли результати верифікації моделі показують незадовільну точність оцінки VaR , слід перевірити вибраний розподіл доходності та його параметри на відповідність тим, що реально спостерігаються, проаналізувати ретроспективу даних на наявність аномальних явищ на ринку і, можливо, змінити її глибину при оцінці вхідних параметрів моделі [10].

Розглянемо більш детально методи розрахунку VaR .

Непараметричні методи – методи, в яких оцінювання функції (наприклад, функції розподілу) не визначається кінцевим числом параметрів. [8].

Найбільш розповсюджені непараметричні методи :

- метод історичного моделювання;
- метод імітаційного моделювання Монте-Карло.

Суть обох методів полягає в побудові емпіричної функції розподілу майбутніх змін цін, та на цій основі потенційних прибутків та втрат.

Розглянемо історичний метод. Даний метод заснований на припущенні про стаціонарність поведінки ринкових цін в найближчому майбутньому.

Спочатку вибирається період часу (число робочих або торгових днів), за який відслідковуються історичні зміни цін всіх активів, що входять в портфель. Для кожного періоду часу моделюються сценарії зміни ціни. Гіпотетична ціна активу розраховується як його поточна ціна, помножена на приріст ціни, відповідний таким сценарієм. Потім проводиться повна переоцінка всього поточного портфеля за цінами, змодельованих на основі історичних сценаріїв, і для кожного сценарію обчислюється, наскільки може змінитися вартість поточного портфеля. Після цього отримані результати ранжуються за номерами в порядку убутання (від найбільшого приросту до найбільшого збитку). І, нарешті, відповідно до бажаного рівня довіри величина VaR визначається як

такий максимальний збиток, який дорівнює абсолютній величині зміни з номером, рівним цілої частини числа (1 квантиль при заданому рівні довіри) * число сценаріїв.

На відміну від параметричного методу, метод історичного моделювання дозволяє наочно і повно оцінити ризик, він добре підходить для оцінки ризику активів з нелінійними ціновими характеристиками. Перевага історичного моделювання полягає в тому, що він виключає високий вплив модельного ризику і заснований на реально спостерігалася в минулому моделі, без урахування припущень про нормальний розподіл або будь-якої іншої стохастичною моделі динаміки цін на ринку. Варто відзначити, що при розрахунку VaR даним методом присутня висока ймовірність помилок вимірювання при малому періоді історичної вибірки. Крім того, з вибірки не виключаються найбільш старі спостереження, що різко погіршує точність моделі.

Метод Монте-Карло, або метод стохастичного моделювання, є найскладнішим методом розрахунку VaR, проте його точність може бути значно вище, ніж у інших методів. Метод Монте-Карло дуже схожий з методом історичного моделювання, він також заснований на зміні цін активів, тільки з заданими параметрами розподілу (математичним очікуванням, волатильністю). Метод Монте-Карло на увазі здійснення великої кількості випробувань - разових моделювань розвитку ситуації на ринках з розрахунком фінансового результату по портфелю. В результаті проведення даних випробувань буде отримано розподіл можливих фінансових результатів, на основі якого шляхом відсікання найгірших відповідно до обраної довірчої ймовірності може бути отримана VaR-оцінка. Метод Монте-Карло не має на увазі згортання і узагальнення формул для отримання аналітичної оцінки портфеля в цілому, тому і для результату по портфелю і для волатильності і кореляцій можна використовувати значно складніші моделі. Метод полягає в наступному. За

ретроспективним даними (періоду часу) розраховуються оцінки математичного очікування і волатильність. За допомогою датчика випадкових чисел дані генеруються за допомогою нормального розподілу і заносяться в таблицю. Далі обчислюється траєкторія модельованих цін за формулою натурального логарифма і проводиться переоцінка вартості портфеля.

Так як оцінка VaR методом Монте-Карло практично завжди проводиться з використанням програмних засобів, дані моделі можуть являти собою не формули, а досить складні підпрограми. Таким чином, метод Монте-Карло дозволяє використовувати при розрахунку ризиків моделі практично будь-якої складності. Перевага методу Монте-Карло полягає ще і в тому, що надається можливість використовувати будь-які розподілу. Крім того, метод дозволяє моделювати поведінки ринків - трендів, кластерів високої або низької волатильності, мінливих кореляцій між факторами ризику, сценаріїв "що-якщо" і т.д. При цьому варто відзначити, що даний метод вимагає потужних обчислювальних ресурсів і при найпростіших реалізаціях може виявитися близький до історичного або параметричного VaR, що призведе до спадкоємства всіх їх недоліків.

Недоліком методу оцінки ризиків VaR є те, що він ігнорує дуже багато значні і цікаві деталі, необхідні для реального уявлення ринкових ризиків. VaR не враховує, який внесок в ризик вносить ринок, які структурні зміни портфеля збільшують ризик, а також які інструменти хеджування контролюють специфічний ризик. Модель не дає інформації про найгіршому можливий збиток за межами значення VaR (при заданому рівні довіри 95% залишається невідомим, якими можуть бути втрати в останніх 5% випадків).

В якості альтернативної заходи оцінки ринкового ризику може використовуватися методологія Shortfall, що дає середню величину втрат, що перевищують VaR. Shortfall - більш консервативна міра ризику, ніж VaR. Для одного і того ж рівня ймовірності Shortfall вимагає резервувати більший

капітал. Таким чином, він дозволяє враховувати великі втрати, які можуть статися з невеликою ймовірністю. Він також більш адекватно дозволяє оцінити ризик в такому поширеному на практиці випадку, коли розподіл втрат має «товсті хвости» функції розподілу (відхилення на краях розподілу щільності ймовірностей від нормального розподілу).

Інший підхід до оцінки ризикової вартості — параметричні методи. Локальне оцінювання означає лінійну, або більш складну апроксимацію функції вартості фінансового інструмента. Параметричний метод розрахунку VaR передбачає аналітичне обчислення необхідної оцінки ризику на основі статистичної моделі фінансового результату активу або портфелю активів [8].

В основі практично будь-якого параметричного методу лежать дві основні складові:

- модель залежності вартості фінансового результату від змін факторів ризику;
- модель волатильностей і кореляцій факторів ризику.

Зазвичай використовуються два параметричних методи розрахунку VaR: дельта-нормальний метод та дельта-гама наближення. В літературі їх також називають «коваріаційні» або «аналітичні» методи.

Дельта-нормальний VaR здобув більшу популярність у практичному застосуванні, саме з ним нерозривно пов'язано історичне уявлення поняття Value at Risk. Цей метод розрахунку VaR дозволяє отримати оцінку VaR в замкнутому вигляді. При розрахунку Value-at-Risk дельта-нормальним методом використовуються припущення про нормальність розподілу всіх ринкових чинників, що впливають на вартість портфеля і про лінійного зв'язку між змінами факторів ризику і фінансовими результатами за складовими портфеля. В цьому випадку, результат по портфелю буде являти собою суму нормальнорозподілених величин, тобто теж нормальнорозподілену величину.

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \sim N(\mu, \sigma^2) \quad (2.14)$$

Припущення про нормальний закон розподілу факторів ризику значно полегшує знаходження величини VaR, тому що в цьому випадку розподіл доходностей інструментів, які є лінійними комбінаціями факторів ризику, також буде нормальним. Ця фундаментальна властивість буде зберігатися для будь-якого портфелю, який складається із інструментів з лінійними ціновими характеристиками, як, наприклад, акцій або валют.

У випадку нормально розподіленої випадкової величини довірчий інтервал $(1-\alpha)$ завжди характеризується єдиним параметром – квантилем $k_{1-\alpha}$, яка показує положення шуканого значення випадкової величини (симетрично в обох хвостах розподілу) відносно середнього ($M[r_t]$), що виражене в кількості стандартних відхилень доходності портфеля (σ_t). Так, для значень довірчого інтервалу, які найчастіше використовуються, 95 і 99% відповідні квантилі нормального розподілу будуть дорівнювати 1,65 і 2,33 стандартних відхилень доходності портфеля.

Розглянемо позицію, що складається лише з однієї одиниці деякого активу. Тоді розмір добового прибутку або збитку такої одиничної позиції буде дорівнювати зміні ціни цього активу за добу. В цьому випадку найменша очікувана ціна наступної доби с заданою імовірністю $(1-\alpha)$ буде дорівнювати:

$$P_{t+1} = P_t e^{M[r_t] - k_{1-\alpha} \sigma_t} \quad (2.15)$$

Математичне сподівання добової доходності $M[r_t]$ зазвичай приймається нульовим. Величина VaR в цьому випадку відображає не ціну або вартість як

таку, а її найбільш очікувану зміну за один день, яку можна визначити наступним чином [8, 11]:

$$VaR = P_{t+1} - P_t = P_t(e^{-k_{1-\alpha}\sigma_t} - 1) \quad (2.16)$$

Величину $e^{-k_{1-\alpha}\sigma_t} - 1$ зазвичай замінюють на її наближене значення $-k_{1-\alpha}\sigma_t$. Лінійна апроксимація для малих значень σ_t базується на розкладі вихідної функції у ряд Тейлора. Найчастіше знак «мінус» опускають і оперують абсолютним значенням величини VaR [13].

Коли часовий горизонт становить більше 1 дня, допускають, що дисперсія змін цін пропорційна тривалості часового горизонту прогнозування, що дозволяє отримувати оцінку ринкового ризику шляхом простого масштабування щоденної величини VaR. Для порівняно невеликих інтервалів часу T (не більше 10 днів) прийнятною буде оцінка при помноженні на коефіцієнт \sqrt{T} .

Отже, перевагами дельта-нормального методу є:

- відносна простота реалізації;
- швидкість обчислень;
- дозволяє використовувати різні варіанти значень волатильності та кореляцій;

Недоліки дельта-нормального методу:

- неможливість використання інших розподілів, крім нормального, в силу чого не враховуються "важкі хвости";
- неможливість коректного обліку ризиків нелінійних інструментів;
- складність для розуміння топ-менеджментом;
- імовірність значущих помилок у використовуваних моделях.

Дельта-гамма метод (часто зустрічається як дельта-гамма-вега наближення) дозволяє врахувати відповідні ризики, такі як зміна значення дельти або волатильності, що допомагає посилити переваги дельта-нормального методу за рахунок можливості більш прийнятної оцінки нелінійних фінансових інструментів, проте, значно ускладнює розрахунки [8].

Можемо зробити висновок, що показник VaR як статистика, що характеризує ризик фінансового інструменту, незалежно від обраного методу розрахунку, безперечно володіє багатьма перевагами. Головним серед них є відносна простота уявлення інформації про ризик та практична корисність для керування різними фінансовими інструментами. Однак, цей метод оцінювання ринкових ризиків має також цілий ряд суттєвих недоліків:

- відсутність інформації про найгірший можливий збиток за межами значення ризикової вартості. Наприклад, при заданому рівні довіри $(1 - \alpha) = 95\%$ залишається невідомою інформація про те, якими можуть бути втрати в 5% випадків, що залишилися.

- відсутність інформації про вид розподілу збитків;

- показник VaR не є однозначно визначеним: для одного й того самого фінансового інструменту при різних рівнях довіри його значення можуть суттєво відрізнятися.

Саме це вказує на необхідність застосування системного підходу до вирішення подібної проблеми, а саме, користуватися кількома методиками оцінки для повного уявлення про можливі втрати. Наприклад, для врахування ризику екстремальних подій використовують відносно новий підхід стрес-тестування, що є різновидом сценарного аналізу. Стрес-тестування — метод кількісної оцінки ризику, який полягає у визначенні величини неузгодженої позиції, яка визначається при шоківій зміні зовнішнього фактору, такого як валютний курс, процентна ставка тощо [10]. Синтез цих величин дозволяє

отримати уяву про сумму збитку або доходу у випадку, коли події розвиваються закладеним припущенням.

На сьогодні, існують й інші міри оцінки фінансових ризиків. Це свого роду модифікації VaR. Далі детальніше розглянемо декілька інакших підходів до оцінки фінансового ризику на фондовому ринку.

Conditional Value-at-Risk (CVaR) або умовне VaR став одним з послідуєчих напрямків розвитку методики побудови портфельних ризиків. Також даний підхід має ще назву Expected Shortfall (ES). Інколи його називають Average Value at Risk (AVaR) чи Expected tail loss (ETL).

Оцінка ризику методом часто використовується для зниження ймовірності портфеля нанести великі збитки. Це здійснюється шляхом оцінки ймовірності (на рівні конкретних рівней довіри), що втрата буде перевищувати вартості ризику. Математично кажучи, CVaR проводиться шляхом прийняття середньозважений між вартістю на ризик і втрати, що перевищують цінності в небезпеці.

Якщо випадкову величину можливих втрат позначити X , то $CVaR$ визначається наступним чином:

$$ES_{\alpha} = CVaR_{\alpha} = E(X|X > VaR_{\alpha}) \quad (2.17)$$

Відповідно, якщо $X \in L^p(F)$, де L^p (простір) – це збитки портфеля в деякому майбутньому та $0 < \alpha < 1$, тоді формула визначення середньочікуваних збитків матиме вигляд:

$$ES_{\alpha} = CVaR_{\alpha} = \frac{1}{\alpha} \int_0^{\alpha} VaR_{\gamma}(X) d\gamma = \frac{1}{\alpha} \int_{-VaR_{\alpha}}^{-\infty} xp(x) dx, \quad (2.18)$$

де VaR_{γ} – Value at Risk уровня γ , $p(x)$ - щільність розподілу збитків.

На відміну від базового VaR, такий захід дозволяє вже не тільки виділити

нетиповий рівень втрат, а й показує, що, швидше за все, відбудеться при їх реалізації. CVaR рівня α визначає очікуване повернення по портфелю в α гірших випадках. CVaR оцінює значення (або ризик) інвестицій консервативним чином, орієнтуючись на менш прибуткові результати. При великих значеннях α CVaR ігнорує найприбутковіші стратегії, у яких мала ймовірність настання, при малих значеннях α CVaR будується на найгірших сценаріях. Значення q , яке часто використовується на практиці, становить 5%.

У випадку нормального розподілу ES дорівнює

$$ES_{\alpha} = \frac{1}{\alpha} \phi[\Phi^{-1}(\alpha)] \sigma_p, \quad (2.19)$$

де ϕ – щільність, а Φ -інтегральна функція стаціонарно нормального розподілу ($\Phi^{-1}(\alpha)$ – квантіль рівня α).

Умовна вартість ризику була створена для розширення вартісті в небезпеці (VaR). У VaR модель дозволяє менеджерам обмежити ймовірність понести збитки, викликані певними видами ризиків, - але це не всі види ризиків. Проблема з покладаючись виключно на VaR моделі полягає в тому, що сфера ризику що оцінюється носить обмежений характер, оскільки хвіст кінці розподілу збитків зазвичай не оцінюється. Тому, якщо збитки, понесені, сума втрат буде досить істотною.

2.4 Висновки до розділу

Ризик позиції - це ризик можливих втрат по балансовим та позабалансовим позиціям в результаті несприятливої динаміки ринкових цін. Його відносять до спекулятивних видів ризику. Мається на увазі. Що динаміка

цін на фондовому ринку приводить до отримання бажаного прибутку чи понесення збитків в разі негативного сценарію подій.

Суб'єкт має сформувати спеціальну політику управління ринковим ризиком, її мету та методи, направлені на захист капіталу від негативних змін на ринку.

Методологія VaR -це техніка моделювання, яка зазвичай вимірює величину сукупного ринкового ризику, якому буде схильний інвестор, та - враховуючи рівень ймовірності - оцінює суму, яку можна втратити, якщо володіти певними активами за певний проміжок часу.

Даний розділ присвячений опису математичних моделей оцінки фінансових ризиків на фондовому ринку. Було наведено критеріальну базу та методи оцінки адекватності описаних моделей.

Розглянута методика VaR та сучасні її модифікації дозволили уніфікувати підходи до кількісної оцінки торгового ризику у виді єдиного параметра. VaR — це виражена в грошових одиницях базової валюти оцінка величини, яку не перевищать очікувані протягом даного періоду часу (часового горизонту) втрати з заданою ймовірністю (рівнем довіри).

Щоб оцінити VaR застосовують методи локального оцінювання та повного оцінювання. Волатильність доходності інструменту, пошук якої є основною проблемою при розрахунку VaR дельта-нормальним методом, може бути оцінена з використанням моделей, що враховують динаміку дисперсії у часі. Головним недоліком методів локального оцінювання є припущення про нормальний розподіл ретроспективних даних, за якими і відбувається оцінка волатильності факторів ризику.

При дослідженні фінансових процесів дисперсію та стандартне відхилення використовують як міру волатильності (мінливості) процесу. Оскільки дисперсія може змінюватись у часі, то важливо мати таку

математичну модель, яка дозволить коректно описувати поведінку дисперсії та прогнозувати її значення на один або більше кроків наперед. Це дасть можливість покращувати якість рішень по відношенню до управління процесами із змінною в часі дисперсією. Наприклад, коректно формулювати правила прийняття рішень щодо маніпуляцій на біржі, коректно оцінювати міру ринкового та інших ризиків в банківській діяльності. Саме тому в цьому розділі викладені основні теоретичні відомості щодо математичних методів моделювання та прогнозування гетероскедастичних процесів та описано сучасні моделі, що застосовують для оцінки дисперсії на практиці сьогодні.

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ

3.1 Вибір процесів для оцінювання ринкових ризиків

Для застосування методології оцінювання ризику VaR на основі гетероскедастичних моделей динаміки їх волатильності у роботі використовується дані акцій, представлені на найбільших світових біржах NYSE та NASDAQ.

Ринкова вартість акції - це ціна, за якою акція продається і купується на вторинному ринку. Ринкова ціна (котирування, курс) зазвичай формується на торгах на фондовій біржі і відображає баланс попиту і пропозиції на дані акції. Для формування ринкової ціни важливе значення має рівень ліквідності фондового ринку. Побічно, ринкова вартість акцій відображає ліквідаційну вартість активів і пасивів компанії. Важливе значення має зміни ціна на актив з плином часу, що дозволяє судити про загальну тенденцію ціни на певну акцію.

NYSE та NASDAQ – одні з найбільших фондових бірж світу та дві найголовніші біржі США. На біржах представлено близько 6 тис. компаній, що відносяться до різноманітних секторів економіки. Проте, головну частку сумарної капіталізації компаній на цих біржах складають так звані компанії «high-beta». До них, наприклад, відносяться Apple (AAPL), Facebook (FB), Microsoft (MSFT), Google (GOOGL), Alibaba Group (BABA), Nvidia (NVDA) тощо.

Для оцінки VaR та проведення бек-тестування моделей використовувалися дані вище вказаних компаній за останні півтора року, а саме з 04.01.2016 по 30.05.2017 – усього 454 значення.

3.2 Побудова математичних моделей для оцінювання ринкових ризиків та їх прогнозування

Отже, математичні моделі для оцінювання та прогнозування фінансових ризиків були побудовані на основі даних котувань крупних світових компаній, що трейдаються на біржах NYSE та NSDQ.

Детально опишемо процес подубови обраних моделей оцінки фінансових ризиків на фондовому ринку та моделей динаміки дисперсії зокрема на прикладі крупної світової компанії Amedisys, Inc. (AMED,NSDQ). На рисунку 3.1 продемонстровано основны фынансовы показники компанії, взяти з finviz.com.



Рисунок 3.1 – Фундаментальні показники компанії Amedisys, Inc. (AMED,NSDQ)

Для проведення необхідних обчислень використовувались спеціалізований пакет Ecnometric Views 10. Student Version, MS Excel та Esignal.

За допомогою написаного додатку були зчитані та графічно зображені отримані дані зі спеціалізованої програми для роботи на біржі Esignal. Додаток зчитує дані, будує свічний дейлі графік зміни котувань акції, графік її дохідності та статистику ряду дохідності, а далі імпортує дані до MS Excel та Eviews.

Вхідні дані – вибірка зміни динаміки цін закриття активу за період з 30 вересня 2017 року по поточний час (20 листопада 2018р.) Усього вибірка нараховує близько 350 значень.



Рисунок 3.2 – Daily, Monthly, 5 min chart AMED, NSDQ



Рисунок 3.3 - Зчитування даних за допомогою написаного додатку

Усі вхідні дані було імпортовано до EViews для подальшої роботи з вибірками.

Date	Open	High	Low	Close	Volume (Total)
30.11.2018	136,41	138,50	135,10	136,25	500K
29.11.2018	132,75	137,56	132,38	135,82	486K
28.11.2018	125,00	134,15	124,50	134,03	680K
27.11.2018	122,23	123,99	120,64	123,78	294K
26.11.2018	123,27	124,30	120,55	122,65	667K
23.11.2018	119,25	123,50	118,21	122,46	160K
21.11.2018	117,00	121,73	117,00	119,82	367K
20.11.2018	119,54	121,42	115,45	116,84	608K
19.11.2018	126,00	126,98	120,74	121,63	699K
16.11.2018	121,71	128,59	121,43	125,91	1,04M
15.11.2018	117,20	122,26	115,78	121,99	576K
14.11.2018	116,84	117,80	115,82	117,10	532K
13.11.2018	118,05	118,67	115,12	116,40	372K
12.11.2018	120,78	121,25	115,18	117,22	632K
09.11.2018	119,18	122,70	118,21	120,50	499K
08.11.2018	117,35	119,26	115,92	119,04	572K
07.11.2018	112,39	118,35	112,15	118,17	611K
06.11.2018	109,98	112,32	109,87	111,97	646K
05.11.2018	108,94	109,74	107,32	109,67	875K
02.11.2018	107,69	109,70	107,10	108,44	995K
01.11.2018	110,55	117,47	108,53	113,66	878K
31.10.2018	117,05	118,80	109,39	110,00	905K

Restore... ☐ Show all Edited Bars only Apply Ok Cancel

Рисунок 3.4 - Імпортована вибірка

На рисунках 3.5 та 3.6 зображено значення доходностей для акції компанії AMED.



Рисунок 3.5 — Значення доходностей акції AMED

Описова статистика для значень ряду доходностей зображена на рисунку 3.6. Можемо зауважити, що коефіцієнт асиметрії даного ряду дорівнює 0.0649, це більше значення при нормальному розподілі, тобто нульове. А тому, правий хвіст розподілу даної величини довший. Ексцес дорівнює 16,1, це також більше за значення ексцесу при нормальному розподілі. Робимо висновок, що форма розподілу ряду доходностей буде «гострішою» від нормального.

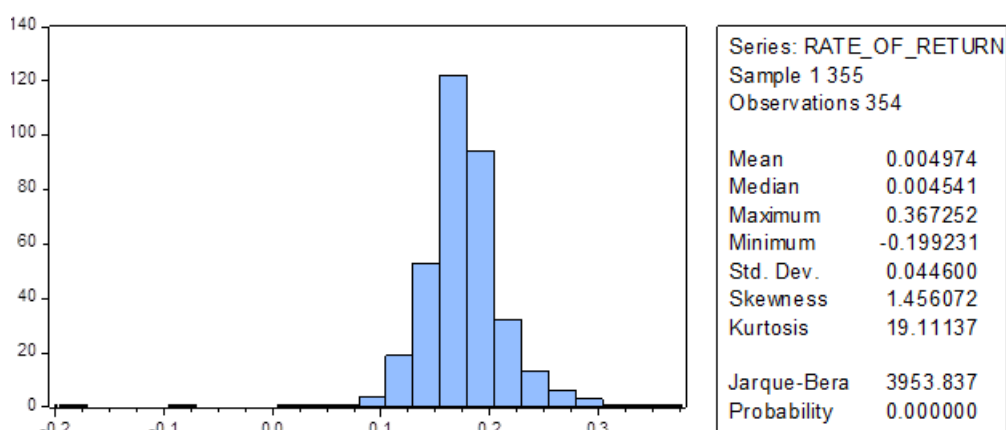


Рисунок 3.6 — Описова статистика ряду доходностей FB

Для побудови моделі авторегресії (АР) необхідно побудувати автокореляційну (АКФ) та частково автокореляційну функції (ЧАКФ), зображені на рисунку 37. На основі результатів, бачимо, що достатньо побудувати модель авторегресії першого порядку. Модель має наступний вигляд:

$$y(k) = c(1) + c(2) * y(k - 1) \quad (3.1)$$

Результати оцінювання рівняння АР(1) та відповідні графіки залишків побудованої моделі та їх квадратів наведені на рисунках 3.8 – 3.10.

Sample: 1 355
Included observations: 354





















Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.528	0.528	99.486	0.000
		2	-0.001	-0.387	99.486	0.000
		3	-0.085	0.196	102.08	0.000
		4	-0.076	-0.188	104.16	0.000
		5	-0.101	0.016	107.85	0.000
		6	-0.152	-0.164	116.23	0.000
		7	-0.116	0.068	121.15	0.000
		8	-0.062	-0.118	122.53	0.000
		9	-0.052	0.015	123.52	0.000
		10	-0.086	-0.144	126.26	0.000
		11	-0.048	0.101	127.11	0.000
		12	0.022	-0.093	127.29	0.000

Рисунок 3.7 — Значення АКФ та ЧАКФ для ряду доходностей акції FB

Sample (adjusted): 2 354
Included observations: 353 after adjustments
RATE_OF_RETURN= C(1)+C(2)*RATE_OF_RETURN(-1)

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.002356	0.002034	1.157890	0.2477
C(2)	0.527902	0.045332	11.64518	0.0000
R-squared	0.278683	Mean dependent var		0.004988
Adjusted R-squared	0.276628	S.D. dependent var		0.044663
S.E. of regression	0.037986	Akaike info criterion		-3.697528
Sum squared resid	0.506481	Schwarz criterion		-3.675622
Log likelihood	654.6138	Hannan-Quinn criter.		-3.688812
F-statistic	135.6102	Durbin-Watson stat		1.589943
Prob(F-statistic)	0.000000			

Рисунок 3.8 — Результати оцінювання рівняння AP(1)

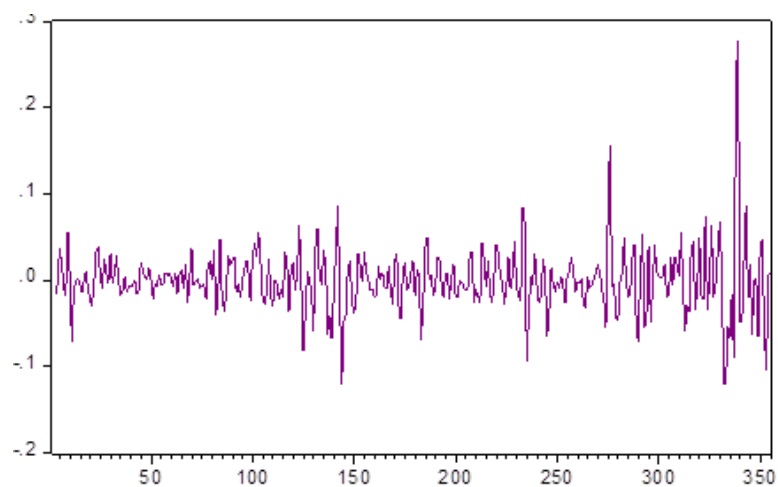


Рисунок 3.9 — Графік залишків побудованої моделі AR(1)

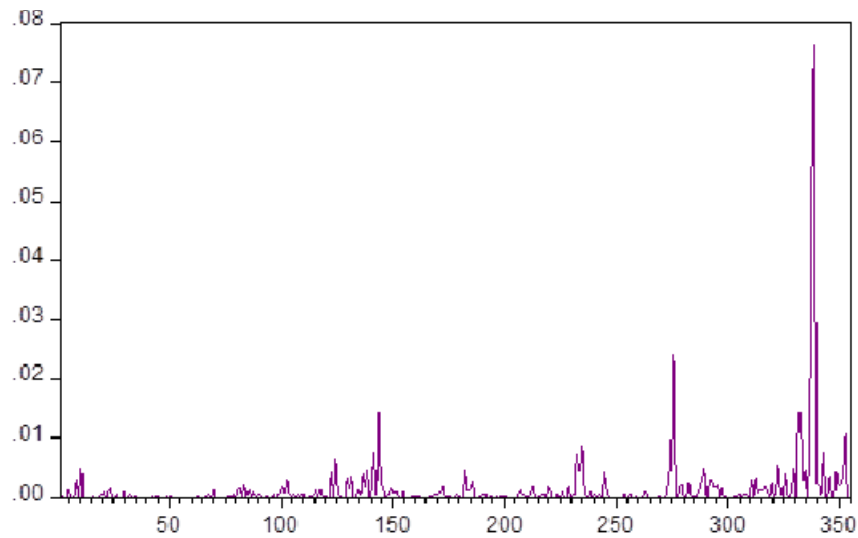


Рисунок 3.10 — Графік квадратів залишків побудованої моделі AR(1)

Отже, отримана модель AR(1) має такий вигляд:

$$y(k) = 0,002356 + 0,527902 * y(k - 1) + e(k) \quad (3.2)$$

Графік вихідного та оціненого ряду наведено на рисунку 3.11.

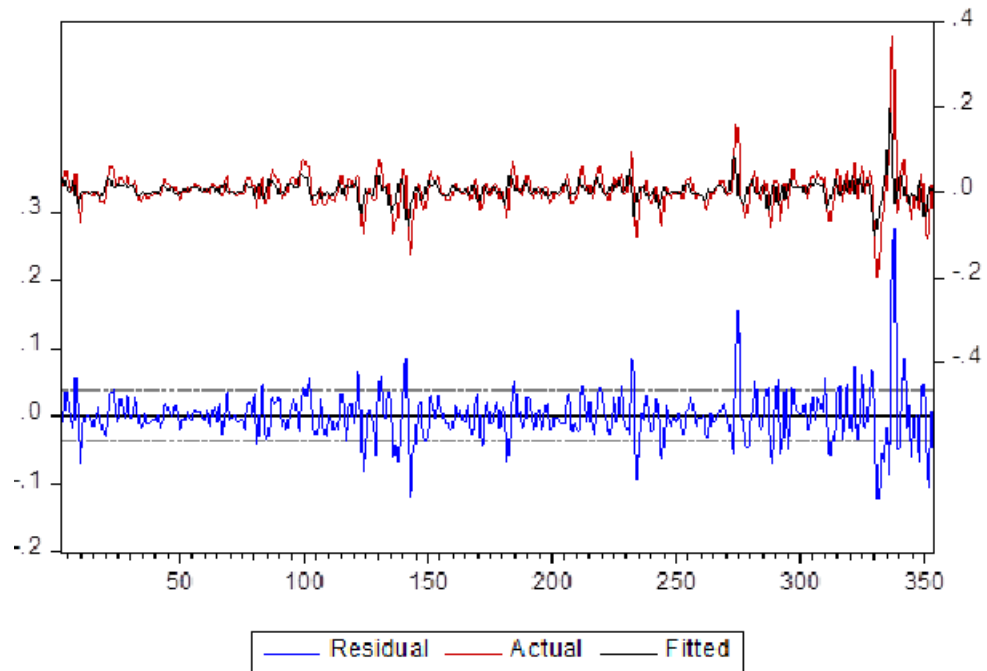


Рисунок 3.11 — Графіки вихідного й оціненого ряду

Зазначимо, що результати тесту Уайта щодо перевірки гетероскедастичності залишків моделі показують наявну гетероскедастичність процесу. Ймовірність (рис. 3.1) дорівнює 0,0000. Це однозначно менше за значення 0.05. Відповідно, нуль-гіпотезу у даному разі необхідно відмінити. Нуль-гіпотеза припускає незмінність дисперсії у часі.

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	17.81064	Prob. F(2,350)	0.0000
Obs*R-squared	32.60794	Prob. Chi-Square(2)	0.0000
Scaled explained SS	228.7333	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 06/03/17 Time: 20:01

Sample: 2 354

Included observations: 353

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001069	0.000283	3.781658	0.0002
(RATE_OF_RETURN(-1))^2	0.203813	0.034651	5.881855	0.0000
RATE_OF_RETURN(-1)	-0.008994	0.006693	-1.343836	0.1799
R-squared	0.092374	Mean dependent var		0.001435
Adjusted R-squared	0.087187	S.D. dependent var		0.005412
S.E. of regression	0.005171	Akaike info criterion		-7.683010
Sum squared resid	0.009359	Schwarz criterion		-7.650151
Log likelihood	1359.051	Hannan-Quinn criter.		-7.669935
F-statistic	17.81064	Durbin-Watson stat		1.473819
Prob(F-statistic)	0.000000			

Рисунок 3.12 — Результат тесту Уайта

Аби побудувати модель динаміки дисперсії, варто визначити порядок моделі дисперсії. Для цього будуємо корелограму квадратів залишків (рис. 3.13) та корелограму вибіркової умовної дисперсії (рис. 3.14). Графік значень вибіркової умовної дисперсії позначен на рисунку 3.15.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.469	0.469	78.160	0.000
		2	0.093	-0.163	81.217	0.000
		3	0.032	0.076	81.579	0.000
		4	0.085	0.067	84.164	0.000
		5	0.114	0.051	88.864	0.000
		6	0.163	0.116	98.405	0.000
		7	0.125	0.001	104.07	0.000
		8	0.013	-0.059	104.13	0.000
		9	0.019	0.060	104.27	0.000
		10	0.026	-0.034	104.51	0.000
		11	0.013	-0.011	104.57	0.000
		12	0.033	0.031	104.97	0.000

Рисунок 3.13 — Значення АКФ та ЧАКФ для квадратів залишків моделі

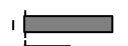
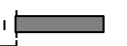






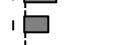









Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.795	0.795	225.70	0.000
		2	0.424	-0.566	290.12	0.000
		3	0.161	0.330	299.40	0.000
		4	0.154	0.339	307.95	0.000
		5	0.246	-0.288	329.86	0.000
		6	0.286	0.122	359.53	0.000
		7	0.220	0.064	377.14	0.000
		8	0.110	-0.177	381.53	0.000
		9	0.023	0.025	381.73	0.000
		10	-0.005	0.050	381.74	0.000
		11	0.001	-0.112	381.74	0.000
		12	0.027	0.132	382.02	0.000

Рисунок 3.14 — Значення АКФ та ЧАКФ для вибіркової умовної дисперсії

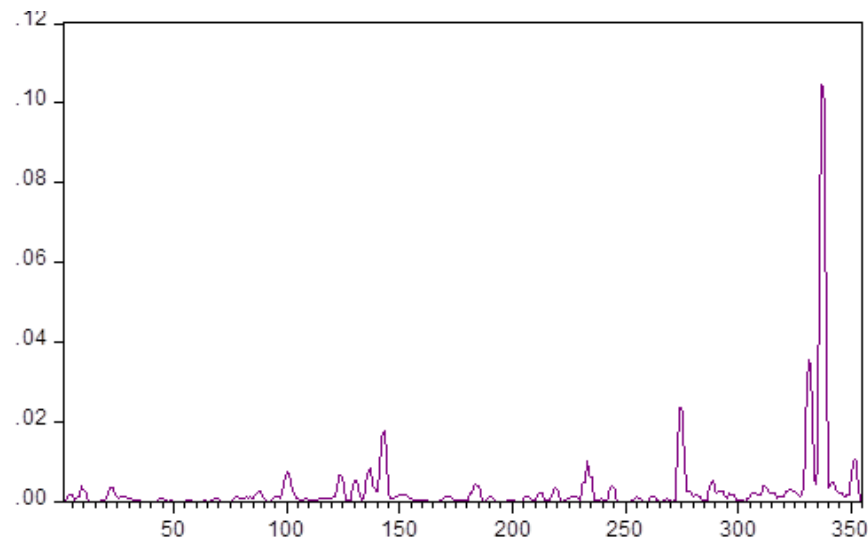


Рисунок 3.15 — Графік значень вибіркової умовної дисперсії

Як бачимо, достатньо обрати порядки моделей для опису динаміки дисперсії рівними $p=1$ та $q=1$.

Отже, побудуємо наступні моделі: ARCH(1), GARCH(1,1), EGARCH(1,1) та GJR(1,1). Результати оцінених моделей наведені на рисунках 3.15-3.30. Проводимо оцінювання ризикової вартості за побудованими моделями волатильності для довірчих інтервалів 95% та 99%, вважаючи, що об'єм позиції дорівнює 1 лоту/100 shares.

Результати оцінювання моделі ARCH(1) зображені на рисунках 3.16-3.17, GARCH(1,1) - рис. 3.20 та рис. 3.21, EGARCH(1,1) - рис. 3.24, рис. 3.25 та для моделі GJR(1,1) - рис. 3.28, 3.29. Результати порівняння якості моделей зведено до таблиці 3.1. Результати верифікації моделей для оцінки ризику подано у таблиці 3.2.

Dependent Variable: DISP_STAT					
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)					
Date: 06/03/17 Time: 20:09					
Sample (adjusted): 3 354					
Included observations: 352 after adjustments					
Convergence achieved after 43 iterations					
Coefficient covariance computed using outer product of gradients					
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)					
DISP_STAT = C(1)+C(2)*RESID_SQUARE(-1)					
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)					
<hr/>					
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	
<hr/>					
C(1)	0.000158	1.79E-05	8.849378	0.0000	
C(2)	0.798332	0.009586	83.28129	0.0000	
<hr/>					
Variance Equation					
<hr/>					
C	3.20E-07	2.69E-08	11.89040	0.0000	
RESID(-1)^2	4.360717	0.212976	20.47513	0.0000	
GARCH(-1)	0.003007	0.008674	0.346636	0.7289	
<hr/>					
R-squared	0.449949	Mean dependent var		0.003029	
Adjusted R-squared	0.448378	S.D. dependent var		0.009527	
S.E. of regression	0.007076	Akaike info criterion		-9.915181	
Sum squared resid	0.017524	Schwarz criterion		-9.860300	
Log likelihood	1750.072	Hannan-Quinn criter.		-9.893341	
Durbin-Watson stat	0.684365				

Рисунок 3.15 — Результати оцінювання моделі ARCH(1)

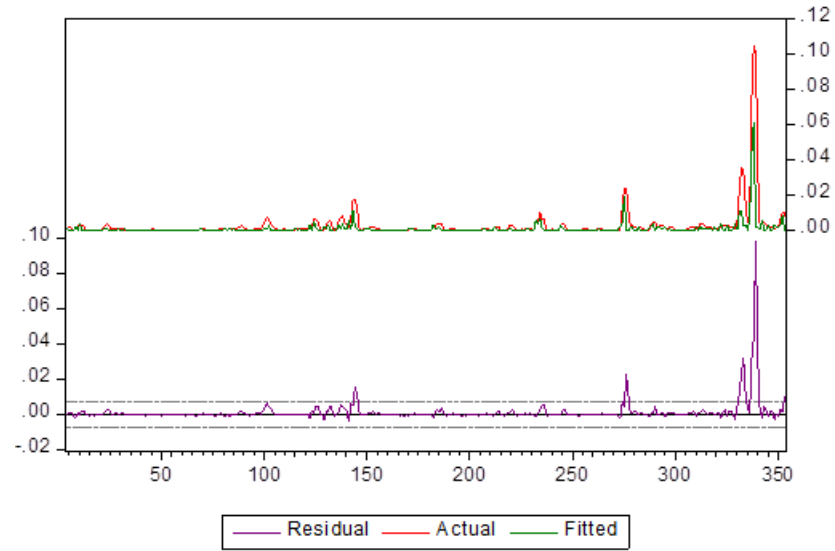


Рисунок 3.16 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю ARCH (1) рядів

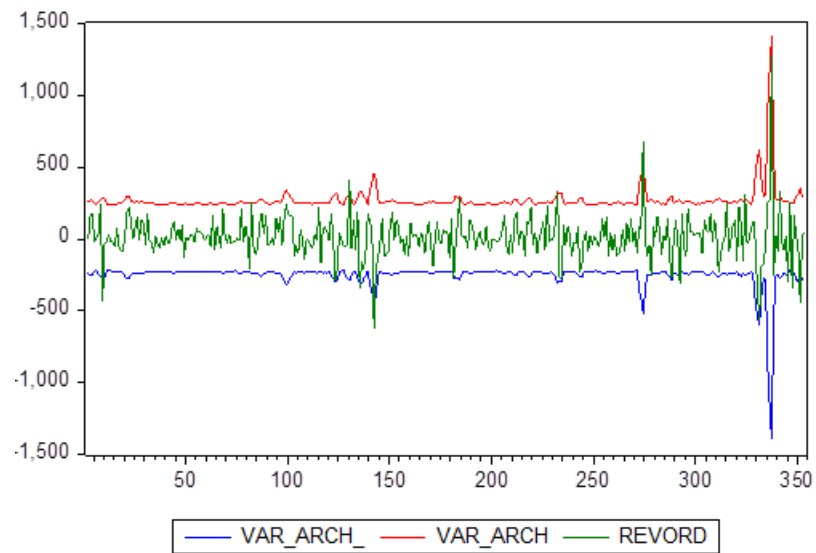


Рисунок 3.17 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі ARCH (1)

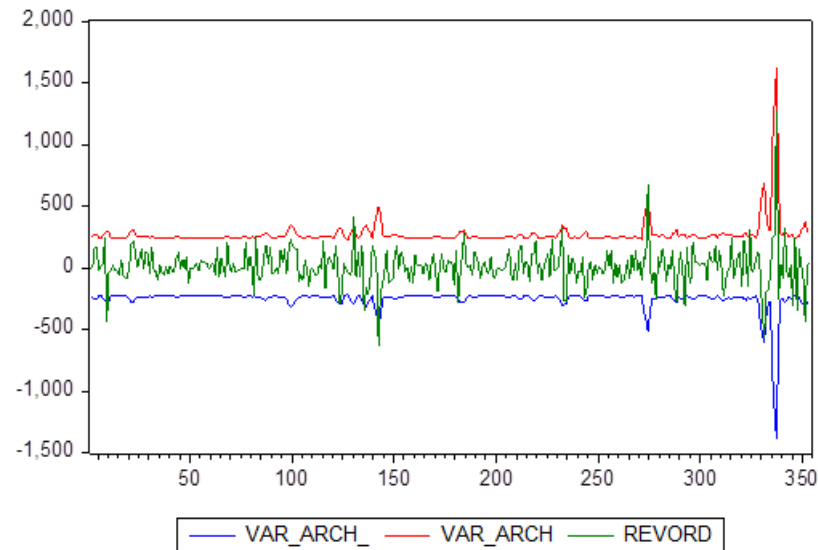


Рисунок 3.18 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі ARCH (1)

Dependent Variable: DISP_STAT
 Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 06/03/17 Time: 20:23
 Sample (adjusted): 3 354
 Included observations: 352 after adjustments
 Convergence achieved after 47 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $DISP_STAT = C(1) + C(2) * RESID_SQUARE(-1) + C(3) * DISP_STAT(-1)$
 $GARCH = C(4) + C(5) * RESID(-1)^2 + C(6) * GARCH(-1)$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-0.000219	2.37E-05	-9.241416	0.0000
C(2)	0.564780	0.036963	15.27958	0.0000
C(3)	0.965353	0.021024	45.91665	0.0000
Variance Equation				
C	7.48E-08	2.28E-08	3.282427	0.0010
RESID(-1)^2	3.268366	0.260926	12.52605	0.0000
GARCH(-1)	0.170812	0.017103	9.987261	0.0000
R-squared	0.451733	Mean dependent var	0.003029	
Adjusted R-squared	0.448591	S.D. dependent var	0.009527	
S.E. of regression	0.007075	Akaike info criterion	-10.00612	
Sum squared resid	0.017467	Schwarz criterion	-9.940259	
Log likelihood	1767.077	Hannan-Quinn criter.	-9.979908	
Durbin-Watson stat	1.205179			

Рисунок 3.19 — Результати оцінювання моделі GARCH (1,1)

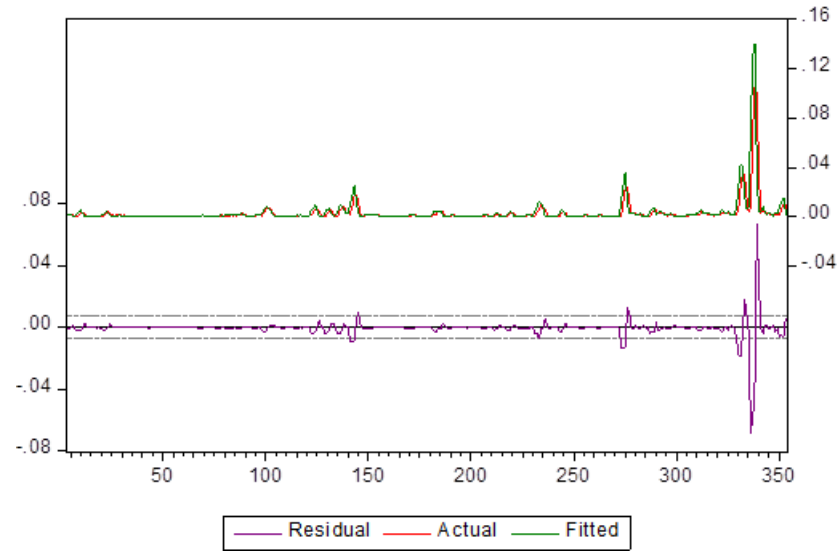


Рисунок 3.20 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю GARCH (1) рядів

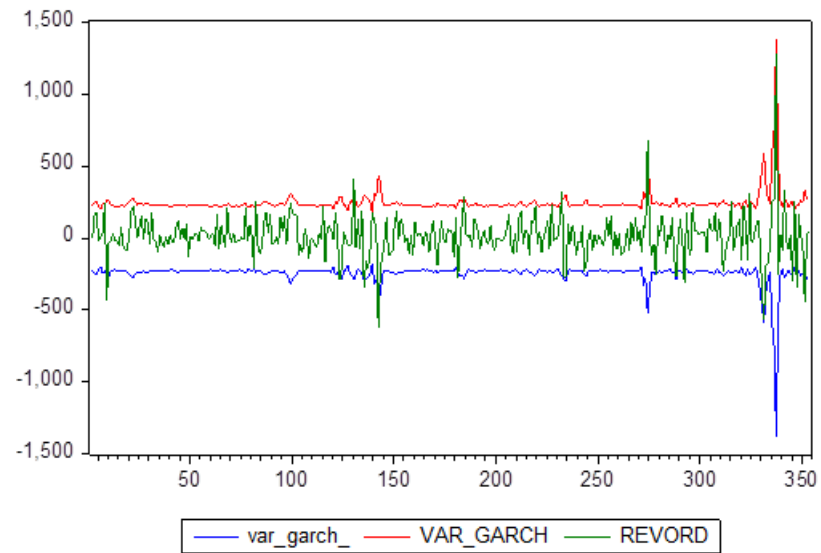


Рисунок 3.21 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі GARCH (1,1)

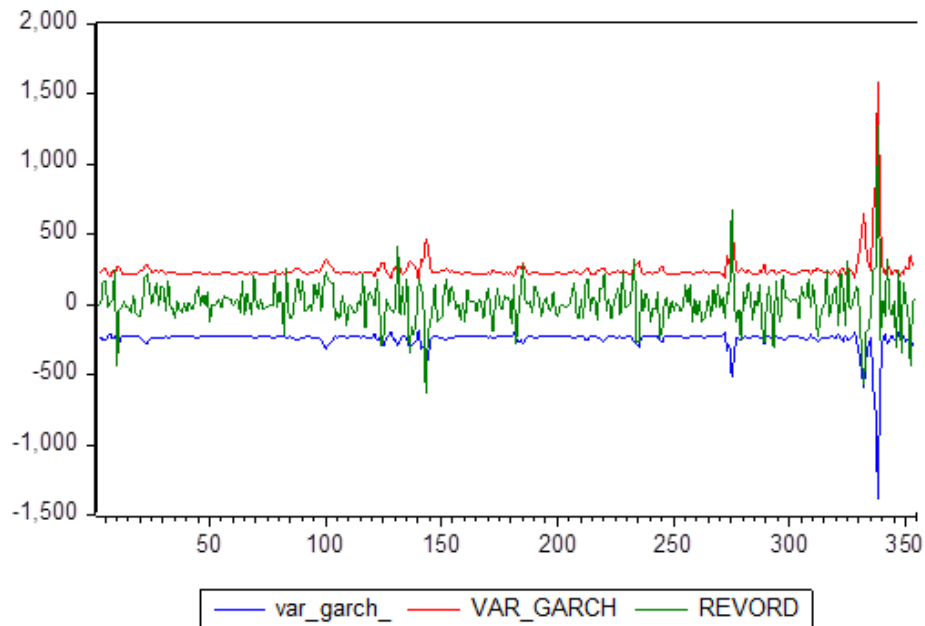


Рисунок 3.22 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі GARCH (1,1)

Dependent Variable: DISP_STAT
 Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 06/03/17 Time: 20:25
 Sample (adjusted): 3 354
 Included observations: 352 after adjustments
 Convergence achieved after 49 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $DISP_STAT = C(1) + C(2) * RESID_SQUARE(-1) + C(3) * DISP_STAT(-1)$
 $LOG(GARCH) = C(4) + C(5) * ABS(RESID(-1)) / @SQRT(GARCH(-1)) + C(6) * RESID(-1) / @SQRT(GARCH(-1)) + C(7) * LOG(GARCH(-1))$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	0.000236	2.92E-05	8.068750	0.0000
C(2)	0.473946	0.032100	14.76475	0.0000
C(3)	0.219662	0.021642	10.14960	0.0000

Variance Equation				
C(4)	-8.766260	0.243866	-35.94709	0.0000
C(5)	1.044892	0.087883	11.88952	0.0000
C(6)	1.217395	0.081076	15.01554	0.0000
C(7)	0.399648	0.017248	23.17099	0.0000

R-squared	0.512513	Mean dependent var	0.003029
Adjusted R-squared	0.509719	S.D. dependent var	0.009527
S.E. of regression	0.006671	Akaike info criterion	-10.11799
Sum squared resid	0.015531	Schwarz criterion	-10.04116
Log likelihood	1787.766	Hannan-Quinn criter.	-10.08741
Durbin-Watson stat	0.683203		

Рисунок 3.23 — Результати оцінювання моделі EGARCH (1,1)

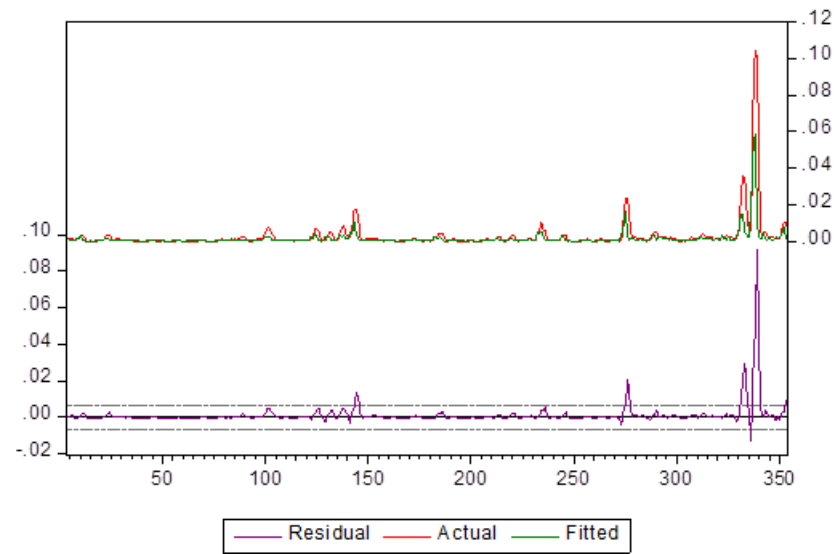


Рисунок 3.24 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю EGARCH (1) рядів

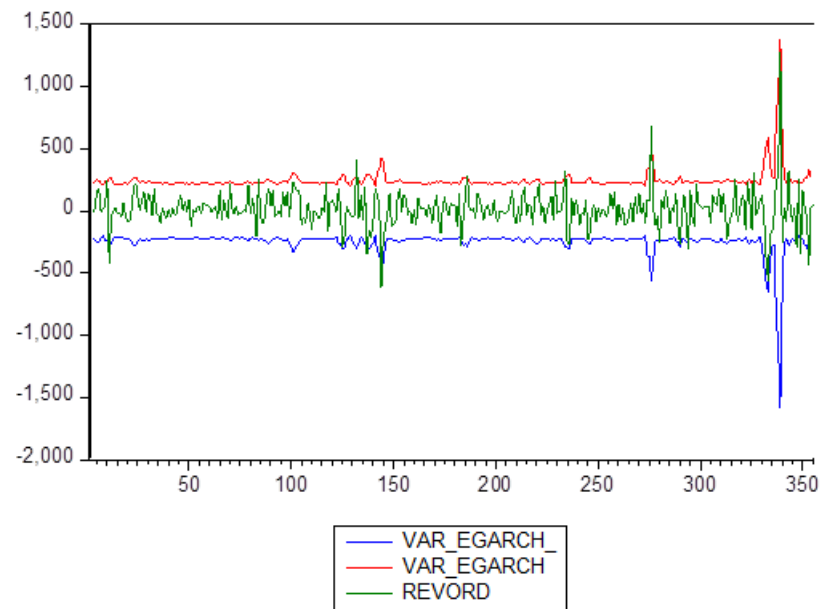


Рисунок 3.25 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі EGARCH (1,1)



Рисунок 3.26 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі EGARCH (1,1)

Dependent Variable: DISP_STAT
 Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 06/03/17 Time: 20:28
 Sample (adjusted): 3 354
 Included observations: 352 after adjustments
 Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 189 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $DISP_STAT = C(1) + C(2) * RESID_SQUARE(-1) + C(3) * DISP_STAT(-1)$
 $GARCH = C(4) + C(5) * RESID(-1)^2 + C(6) * RESID(-1)^2 * (RESID(-1) < 0) + C(7) * GARCH(-1)$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-1.11E-05	3.39E-06	-3.285222	0.0010
C(2)	0.075196	0.002446	30.74131	0.0000
C(3)	0.938350	0.002450	382.9403	0.0000
Variance Equation				
C	4.82E-09	1.64E-09	2.949925	0.0032
RESID(-1)^2	1.461161	0.034037	42.92900	0.0000
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	-2.420035	0.057891	-41.80300	0.0000
GARCH(-1)	0.854227	0.001196	713.9652	0.0000
R-squared	0.605888	Mean dependent var		0.003029
Adjusted R-squared	0.603630	S.D. dependent var		0.009527
S.E. of regression	0.005998	Akaike info criterion		-10.13984
Sum squared resid	0.012556	Schwarz criterion		-10.06301
Log likelihood	1791.612	Hannan-Quinn criter.		-10.10927
Durbin-Watson stat	1.190886			

Рисунок 3.27 — Результати оцінювання моделі GJR(1,1)

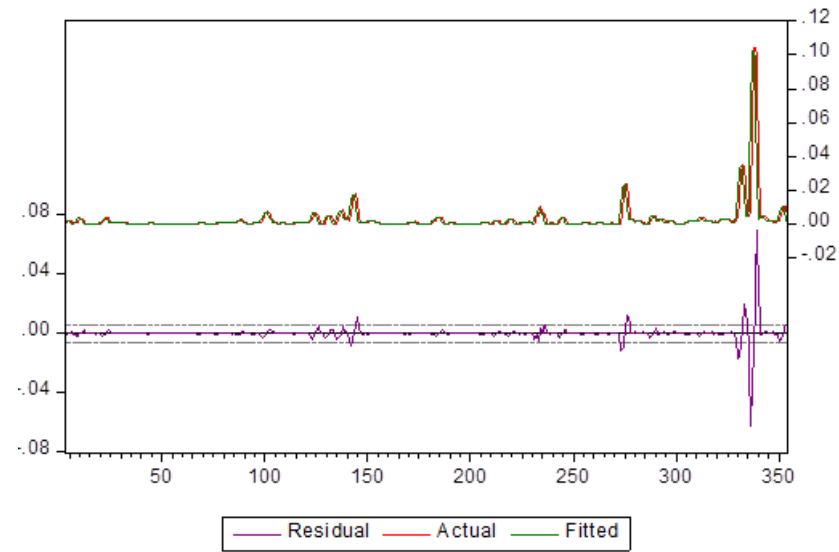


Рисунок 3.28 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю GJR(1,1)
рядів

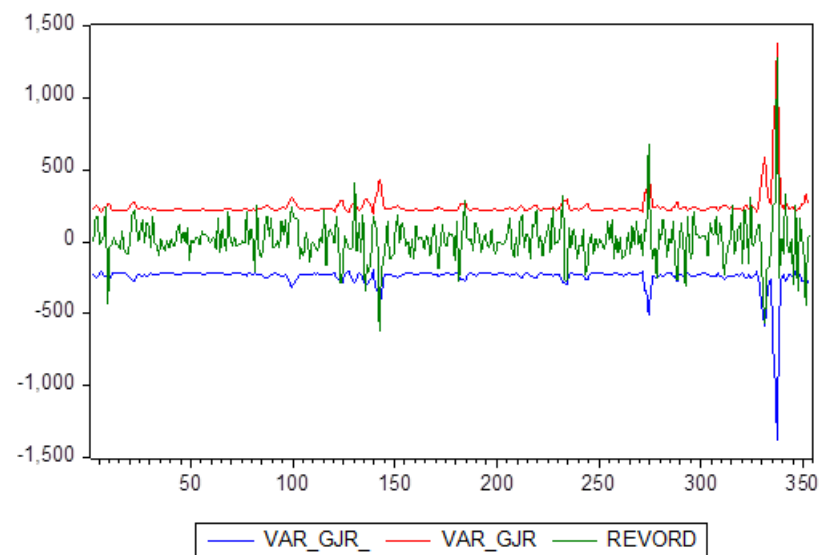


Рисунок 3.29 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі GJR(1,1)

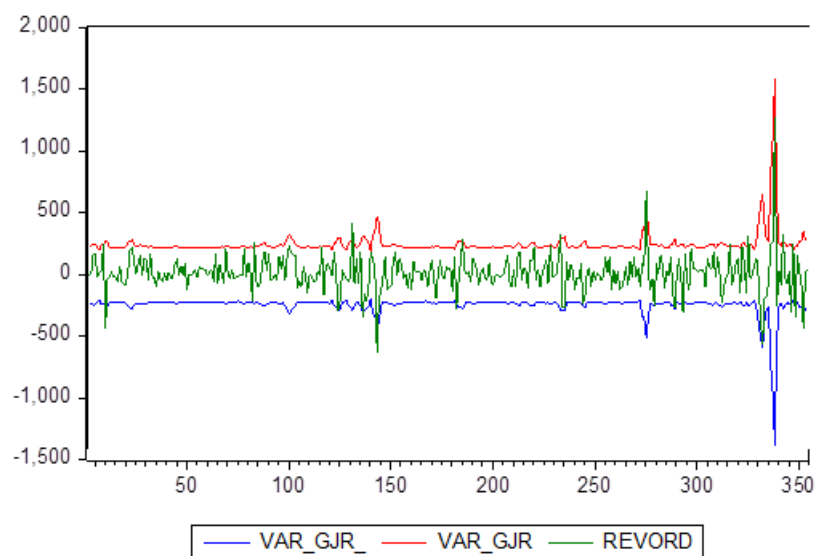


Рисунок 3.30 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі GJR(1,1)

Таблиця 3.1 Результати моделювання волатильності для акції

	LogL	AIC	SC	HQ
ARCH (1)	1750,072	-9,9152	-9,8603	-9,8933
GARCH(1,1)	1767,077	-10,0061	-9,9403	-9,9799
EGARCH(1,1)	1787,766	-10,1180	-10,0412	-10,0874
GJR(1,1)	1791,612	-10,1398	-10,063	-10,1093
QGARCH (1,1)	1789,013	-10,1011	-10,0512	-10,0910
AGARCH (1,1)	1790,002	-10,130	-10,0449	-10,0973

Таблиця 3.2 Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH(1)	(0) 100%	(0) 100%
GARCH(1,1)	(4) 99,52%	(0) 100%
EGARCH(1,1)	(17) 96.67%	(3) 99.43%
GJR(1,1)	(11) 97.72%	(0) 100%
QGARCH (1,1)	(10) 98.03%	(1) 99.98%
AGARCH (1,1)	(14) 97.82%	(2) 99.71%

Видно з таблиці 3.1, що найкращими моделями є моделі EGARCH(1,1) та GJR(1,1), бо інформаційні критерії приймають мінімальні значення. Модель ARCH(1) дала найгірші результати. Це пояснюється тим, що вона цілком не відображає динаміку процесу за рахунок неврахування авторегресійної складової. GARCH- модель також не показала гідних результатів. Вірогідно, це пов'язано з тим, що дані на ціну акції компанії AMED мають більш значний вклад додатніх потрясінь у волатильність, ніж від'ємних, тобто «ефект важеля» є незначним. Ще однією причиною даних результатів може стати недостатньо великий об'єм вибірки, що неповністю відображає поведінку. Але загалом, кожна описана модель є прийнятною для оцінювання ризиків.

А тепер, порівняємо дані моделі на якість прогнозування. Наприклад, нехай розмір навчальної вибірки дорівнює 340 значенням та спрогнозуємо 15 наступних значень. Результати прогнозування зображено на рисунках 3.31 – 3.38 та зведено до -таблиці 3.3.

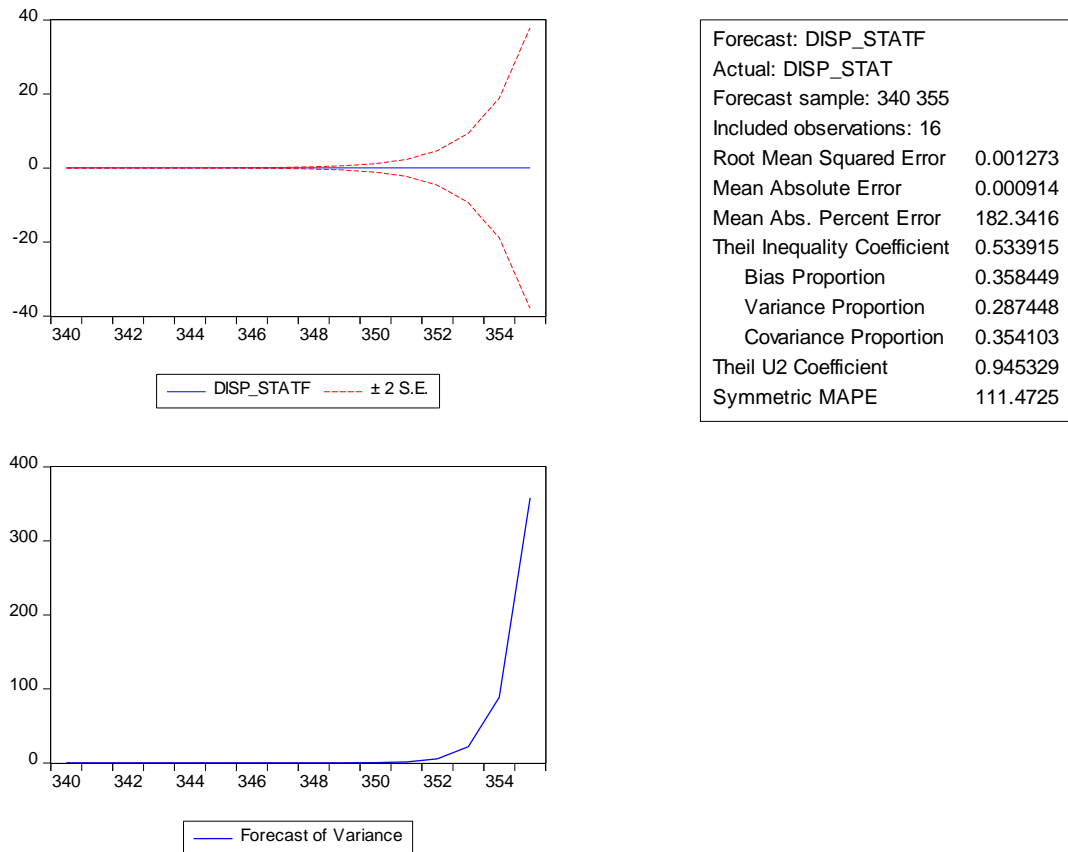


Рисунок 3.31 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю ARCH(1)

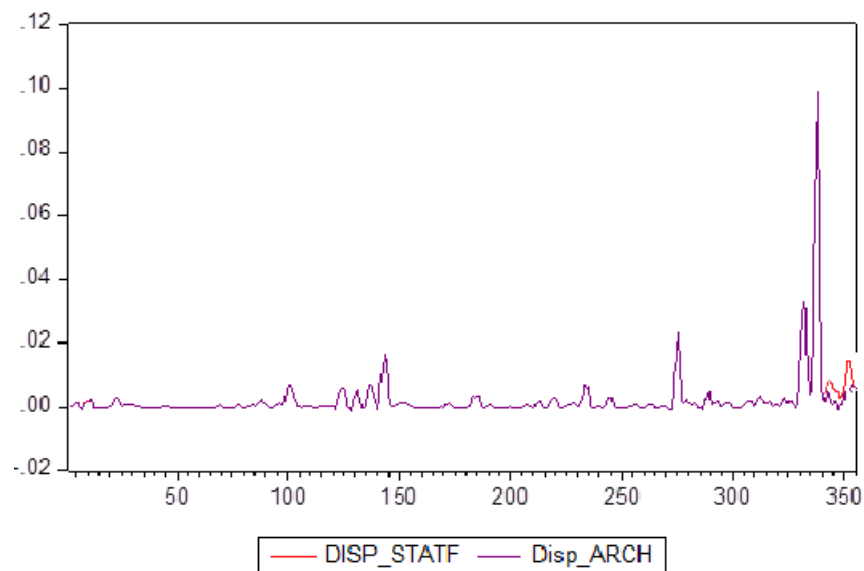


Рисунок 3.32 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю ARCH(1)

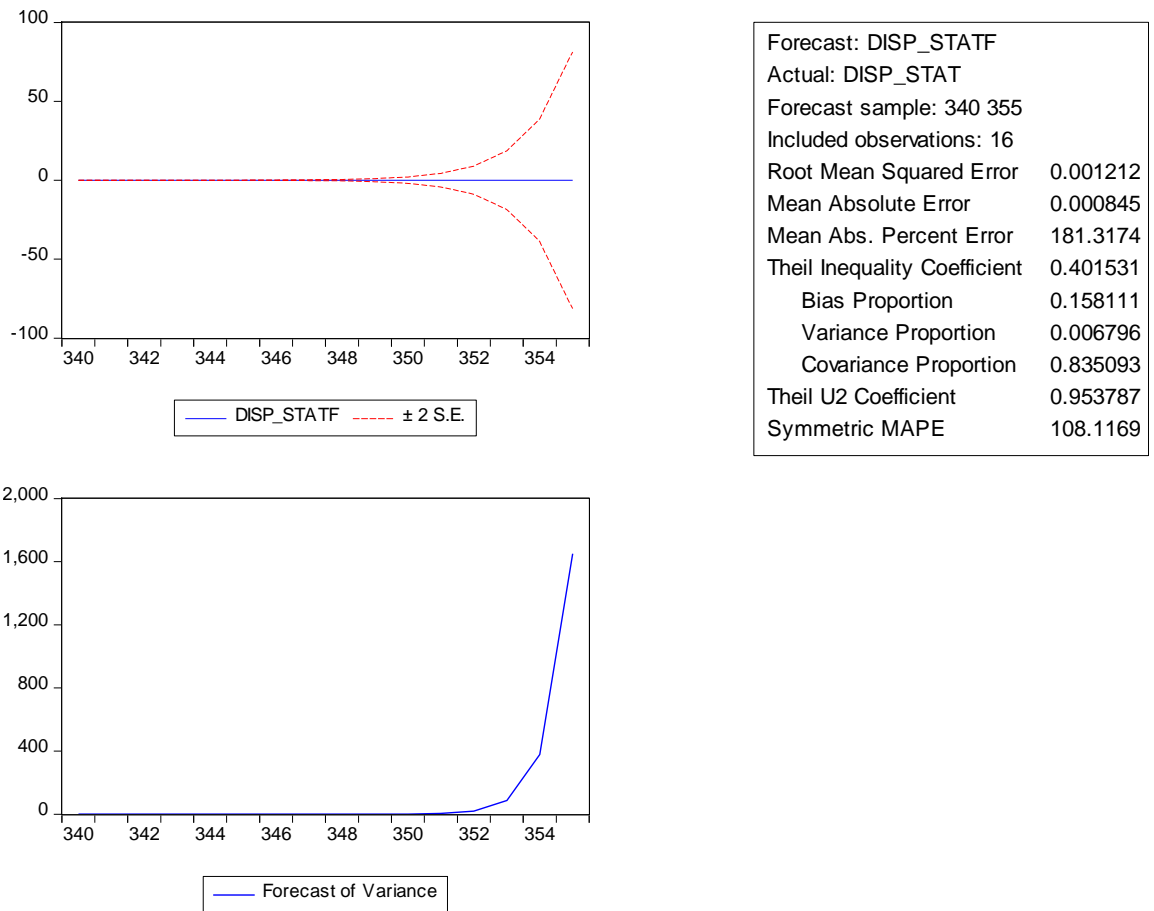


Рисунок 3.33 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю GARCH(1,1)

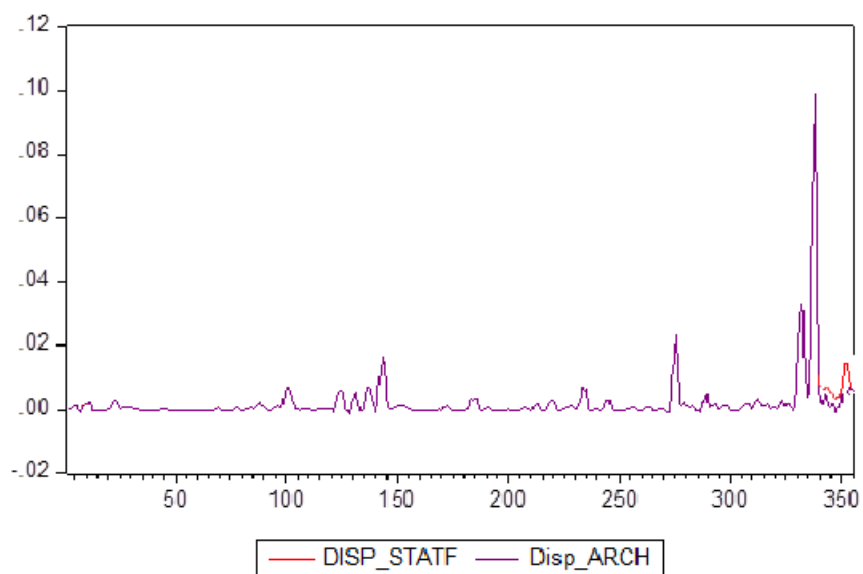
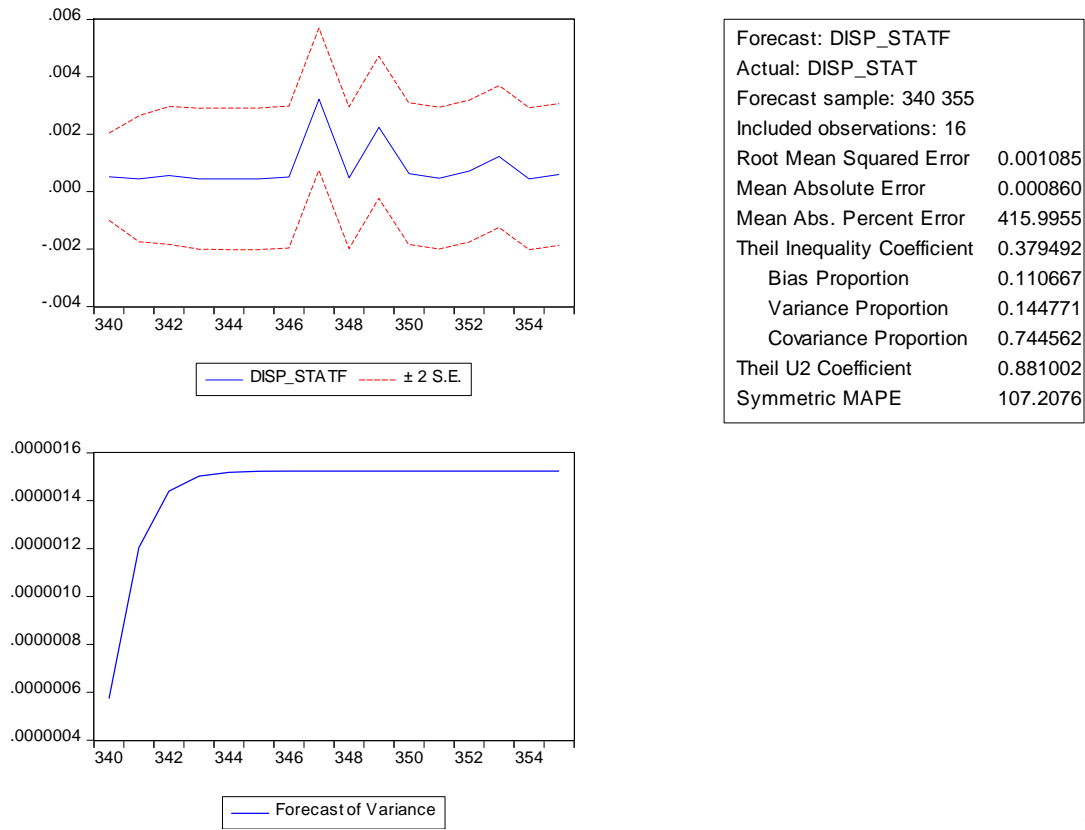


Рисунок 3.34 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю GARCH(1,1)



с

Рисунок 3.35 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю EGARCH(1,1)

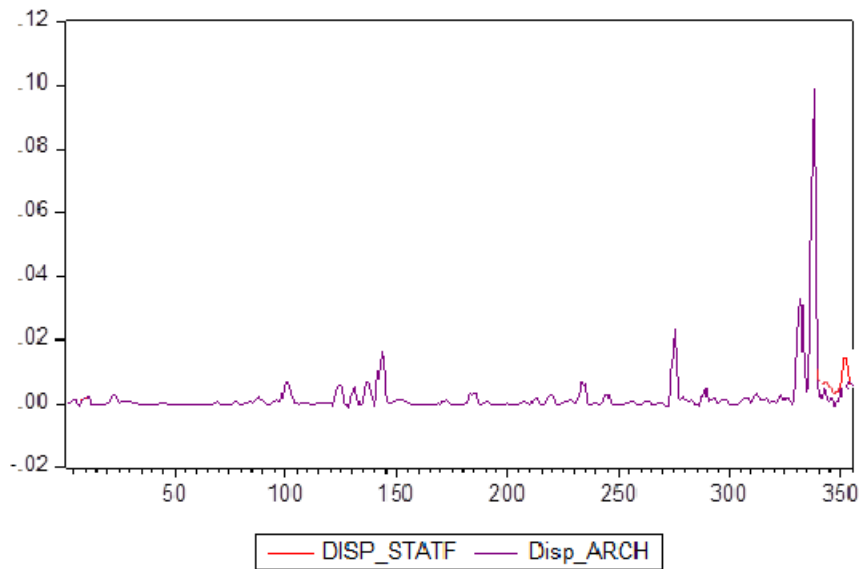


Рисунок 3.36 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю EGARCH(1,1)

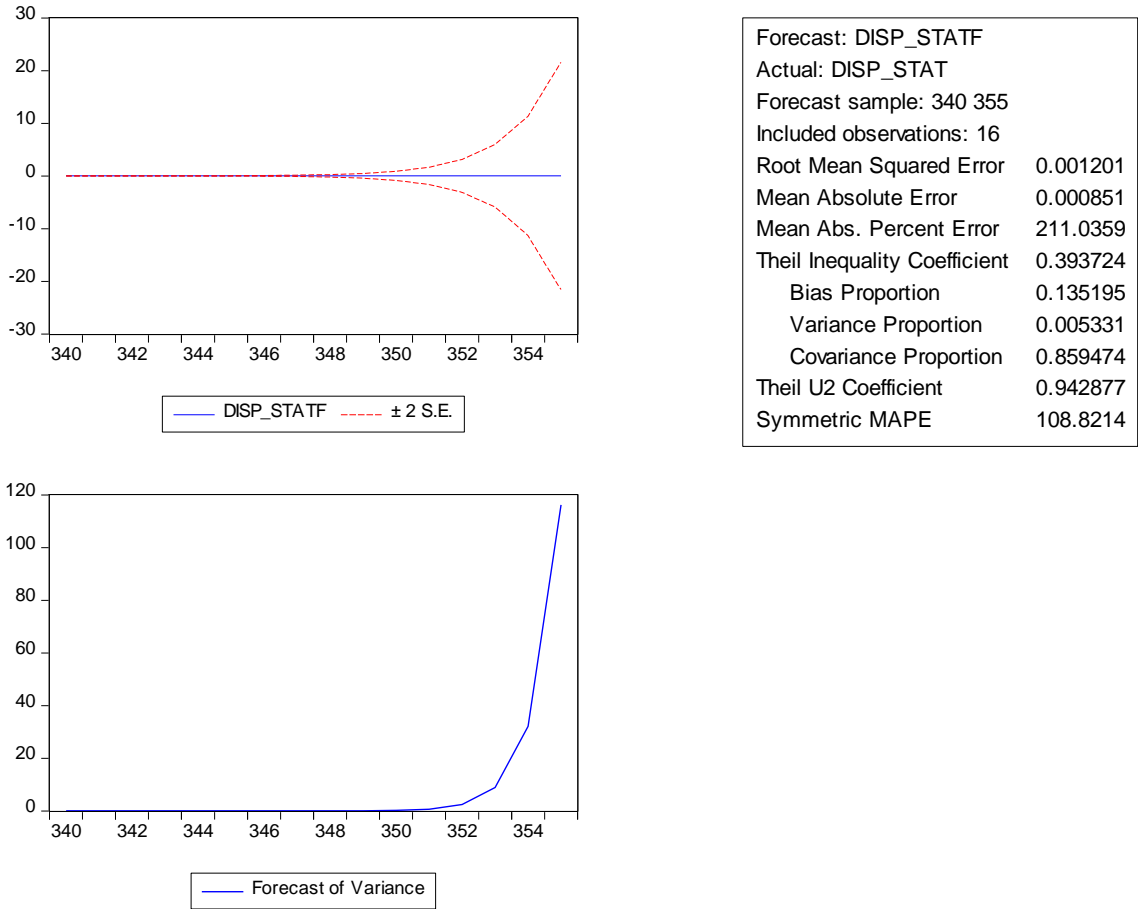


Рисунок 3.37 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю GJR(1,1)

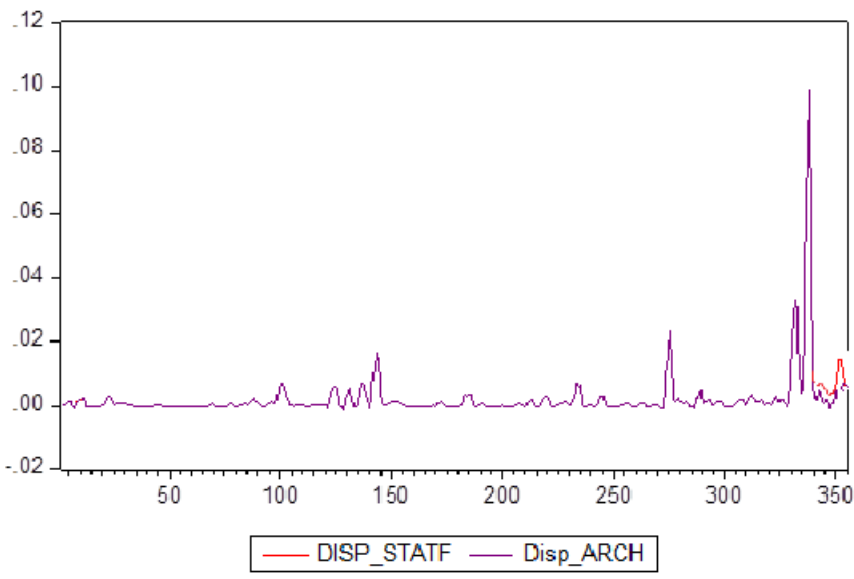


Рисунок 3.38 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю GJR(1,1)

Таблиця 3.3 Результати прогнозування волатильності для біотехнологічної компанії AMED

	MAE	MAPE	U
ARCH (1)	0.000091	46.84	0.21267
GARCH(1,1)	0.000086	43.54	0.18757
EGARCH(1,1)	0.000087	39.692	0.19314
GJR(1,1)	0.000084	44.337	0.20586
QGARCH (1,1)	0.000086	39.956	0.19389
AGARCH (1,1)	0.000083	39.652	0.19020

Отож, значення критеріїв якості прогнозування досить близькі для різних моделей. Найкращі результати прогнозування коефіцієнтом Тейла дала модель GARCH(1,1), а інші моделі близькі за досить значенням цього коефіцієнта. Варто відмітити досить непогані результати моделі EGARCH(1,1), а особливо враховуючи значення MAPE. При оцінюванні ризику за спрогнозованою волатильністю за рівнем довіри 95% усі моделі крім EGARCH мали лише одне перевищення, тобто 5%; модель EGARCH перевищень не мала. При рівні довіри 99% усі моделі показали стовідсотковий результат.

А тепер підсумуємо вищесказане. За статистичними критеріями модель EGARCH та GJR надають найкращі результати, проте маємо враховувати практичну значимість побудованих моделей, тобто придатність до оцінювання насамперед ринкових ризиків. Так, не можна не виділити модель EGARCH. З огляду на результати наведені у таблиці 3.2 та на рисунках 3.23, 3.24, модель експоненційної узагальненої авторегресійної умовно гетероскедастичності-найбільш адекватна для поставленої задачі, оскільки вона не завищує оцінки ризикової вартості та максимально правдоподібно відображає динаміку процесу, що добре помітно при візуальній інтерпретації. Безперечно,

переоцінити втрати краще, аніж їх недооцінити, однак це може призвести до надмірно обережних дій інвесторів та знизити їх можливий прибуток.

Було проведено побудову VaR прогнозування волатильності для таких акцій як Exxon Mobil, Chevron Inc, Alibaba Holding Limited, Pfizer Inc.

В таблицях 3.4 і 3.5 наведені результати бек-тестування та показники точності досліджених моделей відповідно. Модель ARCH показує велику міру неточності прогнозів, що пояснюється простотою її структури, яка не відображає реальної взаємодії змінних.

Таблиця 3.4 Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Exxon Mobil (XOM, NYSE)

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(3) 99.28%	(0) 100%
EGARCH	(10) 97.7%	(4) 99.13%
GJR	(9) 98.59%	(1) 99.97%
QGARCH	(10) 97.7%	(3) 99.35%
AGARCH	(8) 98.09%	(2) 99.78%

Таблиця 3.5 – Волатильність прибутку акцій Exxon Mobil (XOM, NYSE)

Метод	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00043	2027,81	0,487
GARCH	0,00018	52,78	0,178
EGARCH	0,5045	5,56	0,037
GJR	0,841	10,93	0,054
QGARCH	0,839	10,98	0,051
AGARCH	0,602	6,17	0,042

Таблиця 3.7 показує, що моделі, застосовані до даних компанії Chevron Inc. (CVX, NYSE), показують аналогічний арактер поведінки до результатів, отриманих для Exxon Mobil. Найкращі показники у класичної моделі EGARCH. Модель стохастичної волатильності показує досить конкурентні результати, відстаючи від значень моделі EGARCH лиш на декілька пунктів

Таблиця 3.6 Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Chevron Inc. (CVX, NYSE)

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(5) 98.93%	(0) 100%
EGARCH	(14) 96.84%	(6) 98.87%
GJR	(11) 97.69%	(2) 99.91%
QGARCH	(11) 97.18%	(4) 99.13%
AGARCH	(9) 98.59%	(3) 99.35%

Таблиця 3.7 – Волатильність прибутку по акціях Chevron Inc. (CVX, NYSE)

Method	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00061	146,474	0,996
GARCH	0,000145	26,334	0,234
EGRCH	0,715	9,27	0,0632
GJR	0,896	12,31	0,0649
QGARCH	0.763	12,69	0,0742
AGARCH	0,796	13,01	0,0798

На даних змін цін закриття акції BABA(Alibaba Holding Limited, NYSE) (таблиця 3.9) модель GJR також продемонструвала кращий результат за модель EGARCH, демонструючи при цьому точнішу оцінку прогнозу.

Таблиця 3.8 Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Alibaba Holding Limited

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(4) 99.09%	(0) 100%
EGARCH	(19) 95.87%	(7) 98.46%
GJR	(13) 97.06%	(3) 99.32%
QGARCH	(14) 96.89%	(4) 99.13%
AGARCH	(21) 95.05%	(8) 98.23%

Таблиця 3.9 – Волатильність прибутку по акціях BABA

Method	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00078	166,7	0,819
GARCH	0,00022	28,32	0,226
EGARCH	0,4031	6,51	0,032
GJR	0,359	5,04	0,029
QGARCH	0,4398	7,04	0,048
AGARCH	0,3812	5,82	0,036

Таблиця 3.10 - Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Pfizer Inc. (PFE, NYSE)

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(5) 98.54%	(0) 100%
EGARCH	(14) 96.67%	(6) 98.82%
GJR	(11) 97.61%	(2) 99.12%
QGARCH	(10) 98.11%	(4) 99.13%

AGARCH	(9) 98.59%	(3) 99.35%
--------	------------	------------

Таблиця 3.11 – Волатильність прибутку по акціях Pfizer Inc. (PFE, NYSE)

Method	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00022	141,011	0,998
GARCH	0,000134	23,144	0,23
EGARCH	0,795	9,13	0,0621
GJR	0,816	12,3	0,0637
QGARCH	0,715	9,27	0,0632
AGARCH	0,896	12,36	0,0649

Узагальнені результати обчислень наведені в таблиці 3.12

Таблиця 3.12 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу ARCH

ARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000091	46.84	0.21267
Exxon Mobil	0,00043	2027,81	0,487
Chevron Inc.	0,00061	146,474	0,996
Alibaba Hold.Ltd	0,00078	166,7	0,819
Pfezer Inc.	0,00022	141,011	0,998
Mean:	0,0005	620,4988	0,8250

Таблиця 3.11 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу GARCH на навчальній множині

GARCH	MAE	MAPE	Theil
-------	-----	------	-------

Amedisys	0.000086	43.54	0.18757
Exxon Mobil	0,00018	52,78	0,178
Chevron Inc.	0,000145	26,334	0,234
Alibaba Hold.Ltd	0,00022	28,32	0,226
Pfezer Inc.	0,000134	23,144	0,23
Mean:	0,0002	32,6445	0,2170

Таблиця 3.13 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу EGARCH

EGARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000087	39.692	0.19314
Exxon Mobil	0,5045	5,56	0,037
Chevron Inc.	0,715	9,27	0,0632
Alibaba Hold.Ltd	0,4031	6,51	0,032
Pfezer Inc.	0,795	9,13	0,0621
Mean:	0,6044	7,6175	0,0486

Таблиця 3.14 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках моделі GJR

GJR OFF	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000084	44.337	0.20586
Exxon Mobil	0,841	10,93	0,054
Chevron Inc.	0,896	12,31	0,0649
Alibaba Hold.Ltd	0,359	5,04	0,029

Pfezer Inc.	0,816	12,3	0,0637
Mean:	0,7280	10,1450	0,0529

Таблиця 3.15 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу QGARCH

QGARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000086	39.956	0.19389
Exxon Mobil	0,839	10,98	0,051
Chevron Inc.	0.763	12,69	0,0742
Alibaba Hold.Ltd	0,4398	7,04	0,048
Pfezer Inc.	0,715	9,27	0,0632
Mean:	0,6646	9,9950	0,0591

Таблиця 3.16 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках моделі AGARCH

AGARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000083	39.652	0.19020
Exxon Mobil	0,602	6,17	0,042
Chevron Inc.	0,796	13,01	0,0798
Alibaba Hold.Ltd	0,3812	5,82	0,036
Pfezer Inc.	0,896	12,36	0,0649
Mean:	0,6688	9,3400	0,0557

Таблиця 3.17 – Зведена інформація про методи (усереднені значення статистичних параметрів оцінювання якості прогнозів)

	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,0005	620,4988	0,8250
GARCH	0,0002	32,6445	0,2170

EGARCH	0,6044	7,6175	0,0486
GJR	0,7280	10,1450	0,0529
QGARCH	0,55	15,99	0,0861
AGARCH	0,54	15,40	0,0826

Таблиця 3.18- Зведена інформація про отримані оцінки VaR

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	100%	100%
GARCH	99.06%	100%
EGARCH	97.53%	98.96%
GJR	97.79%	99.78%
QGARCH	97,58%	99,34%
AGARCH	97,63%	99,28%

З узагальнення досліджених даних (таблиця 3.13) можемо виділити основні тенденції. В усіх випадках моделювання найгірші результати дає модель ARCH. Це найпростіша за своєю структурою модель. Найкращі результати отримали за моделлю EGARCH, а після можна виокремити модель GJR. Різниця показників моделей EGARCH та стохастичної волатильності незначна.

3.3 Висновки до розділу

У даній роботі були використані акції високотехнологічних компаній, представлені на найкрупніших біржах США та світу вцілому, з метою застосування методології оцінювання рин

Для застосування методології оцінювання ризику *VaR* на основі гетероскедастичних моделей динаміки їх волатильності у роботі використовується дані акцій, представлені на найбільших світових біржах NYSE та NASDAQ.

Побудова математичних моделей, як зазначалось у попередньому підрозділі, проводилась на прикладі «high-beta» акцій, представлених на найкрупніших фондових біржах США та світу загалом - NYSE та NASDAQ.

Для роботи з побудови математичних моделей використовувався спеціалізований пакет Econometric Views 9.5 Student Version та MS Excel.

Таким чином, за результатами обчислювальних експериментів найкращою виявилась модель EGARCH серед вибраних моделей, завдяки тому що вона включає переваги своїх попередників і враховує асиметричні ефекти фінансових процесів ціноутворення. Це виявлено у найкращому значенні усередненого показника MAPE (7,018 %).

Модель GJR є кращою ніж більшість інших моделей за винятком експоненційної (усереднене значення MAPE 9,142%). У двох з п'яти випадків ця модель навіть показала кращі результати ніж експоненційна модель, щоправда різниця була незначною (значення MAPE 8,69% та 5,55% у експоненційної моделі проти значень 7,01% та 5,05% у моделі GJR, відповідно). Дещо гірший усереднений результат відображає той факт, що модель GJR ще розвивається і на сьогодні не випрацювана стандартна методологія застосування цієї моделі, яка може забезпечити найкращі результати прогнозування. Проте навіть зараз модель показує цілком прийнятні результати.

РОЗДІЛ 4 СТАРТАП

4.1 Опис ідеї проекту та її технологічний аудит

Опис ідеї стартап проекту наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Система підтримки прийняття рішень для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку США.	Надання інвесторам інформації про ймовірні фінансові ризики.	Інвесторам: допомога у прийнятті рішення щодо інвестування.
	Надання користувачам інструментів аналізу і прогнозування динаміки зміни торгових ризиків на фондовому ринку США.	Гравцям на біржі: допомога при розробці стратегії торгівлі на біржі, набору позиції на ринку.
		Фінансовим аналітикам і консультантам: економія часу при аналізі потенційних позицій на ринку, порівняння отриманих даних щодо фін. Ризику, розрахованих на основі різних моделей.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту продемонстровано у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (сла бка стор она)	N (нейтрал ьна сторона)	S (силь на сторо на)
		Мій проект	prognosz.ru	Margincal. com			
1.	Ціна	Низька	Середня	Висока	+		
2.	Ефективність	Висока	Середня	Середня		+	
3.	Функціонал	Середній	Вузкий	Широкий			+

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку США.	Python	Наявна	Доступна
2.		MathLab	Наявна	Доступна
3.		MS Excel	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: MS Excel				

4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	2

2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	8500000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає

Продовження таблиці 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Важкодоступність певних даних
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30%

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Потреба у єдиному джерелі даних, що впливають на динаміку котирувань цінних паперів.	Інвестори	Зацікавлені у своєчасній і якісній аналітиці	Вимоги до своєчасності і достовірності даних, що публікуються
2.		Трейдери	Потребують об'єктивну оцінку потенційних фінансових ризиків для формування позицій на ринку	
3.		Фінансові аналітики і консультанти	Потребують своєчасну інформацію для проведення аналізу	

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
-------	--------	---------------	--------------------------

1.	Новий продукт	Потенційні користувачі з підозрою ставляться до нових продуктів	Поширення рекламної кампанії
----	---------------	---	------------------------------

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Потреба у єдиному джерелі даних, що впливають на динаміку котирувань цінних паперів	Інвестори, трейдери та фінансові аналітики потребують ефективної платформи для аналізу потенційних можливостей і загроз на фондовому ринку	Задоволені інвестори, трейдери та фінансові аналітики

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції: олігополія	У сфері домінує невелика кількість подібних СППР	Поширення рекламної кампанії
За рівнем конкурентної боротьби: міжнаціональний	Наявна національна конкуренція	-
За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Наявна конкуренція в рамках одної галузі	-
Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Наявна конкуренція між схожими продуктами	Підвищення швидкості збору інформації, надання інструментів аналізу і прогнозування, збільшення кількості

		джерел інформації
За характером конкурентних переваг: нецінова	Наявна конкуренція завдяки розширенню бази даних та функціональних можливостей	Можливість вийти на ринок з недорогим продуктом
За інтенсивністю: немарочна	Наявна конкуренція, де роль торгової марки незначна	-

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	prognosz.ru; Margincall.com	Доступ до каналів розподілу	Компанії на фондовому ринку, портали новин, банки	Швидкість надання інформації, її достовірність	Ціна
Висновки	Висока інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	Є можливість входу в ринок. Потенційних конкурентів немає.	Постачальники є джерелами інформації для СППР.	Клієнти вимагають своєчасності та достовірності інформації.	Аналогічні продукти конкурентів є дорожчими, але їхній функціонал не є ширшим.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Ціна	Ціна запропонованого продукту нижча за ціни конкуруючих, але при цьому функціонал та якість інформації не поступається програмним продуктам конкурентів.
2.	Ефективність	За рахунок забезпечення своєчасності, повноти і достовірності інформації СППР дає можливість оцінити поточний стан на ринку, об'єктивно оцінити фінансові ризики та відкрити максимально вигідні позиції на фондовому ринку США.

Продовження таблиці 4.10 – Обґрунтування факторів
конкурентоспроможності

3.	Поріг входження	Так як у сфері не так багато аналогічний програмних продуктів, шанси увійти на ринок високі.
----	-----------------	--

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з запропонованим продуктом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	13	+						
2.	Ефективність	17						+	
3.	Поріг входження	18							+

Таблиця 4.12 – SWOT аналіз стартап проекту

<u>Сильні сторони:</u> Ефективність продукту Необхідність продукту Ціна продукту	<u>Слабкі сторони:</u> Невідомість продукту Вузьконаправленість продукту
<u>Можливості:</u> Охоплення широкої аудиторії зацікавлених користувачів –	<u>Загрози:</u> Можлива незацікавленість продуктом через його специфічність і

інвесторів, фінансових аналітиків, трейдерів. Підвищення ефективності роботи користувачів за рахунок розширення функціональних можливостей.	часту недовіру клієнтів до нових продуктів.
--	---

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Розробка програмного забезпечення та грамотна маркетингова програма	Велика	4-5 місяців

4.3 Розробка ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних клієнтів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Інвестори	Значна готовність	Високий	Низька	Середня
2.	Трейдери	Значна готовність	Високий	Низька	Висока

3.	Фінансові аналітики і консультанти	Значна готовність	Високий	Низька	Висока
Які цільові групи обрано: Інвестори, трейдери, фінансові консультанти та аналітики					

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Розробка програмного забезпечення та грамотна маркетингова програма	За рахунок потреби в широкофункціональному продукті	Ефективність	Стратегія спеціалізації

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Шукати нових споживачів і забирати існуючих у конкурентів	Буде розроблений продукт із ширшим функціоналом і повнішою інформаційною	Стратегія заняття конкурентної ніші.

			базою	
--	--	--	-------	--

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Необхідність СППР з повною, достовірною і своєчасною інформацією та інструментарієм для аналізу ринку	Стратегія спеціалізації	Ефективність	Висока ефективність Простота у використанні

4.4 Розробка маркетингової програми стартап проекту

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Потреба в ефективному продукті	Пропонує ефективний продукт	Ефективність товару вище ніж ефективність товару конкурентів

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
--------------	----------------------

I. Товар за задумом	Система підтримки прийняття рішень для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на основі різних моделей та підходів на фондовому ринку за США.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Мультиплатформенність 2. Зручний інтуїтивний інтерейс	-	-
	Якість: стандарти ефективності		
	Пакування: електронне розповсюдження		
	Марка: JMarketRisk		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: -		
	Після продажу: технічна підтримка		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності			

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	-	9500000-63000000 грн.	30000+ грн.	10000-20000 грн.

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля через інтернет	Підтримка нормального функціонування сайту	0	Електронне розповсюдження

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цілових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуютьс я цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонува ння	Завдання рекламного повідомленн я	Концепція рекламного звернення
1.	Потреба в ефективном у продукті	Інтернет- мережі	Висока ефективніст ь Простота у використанн і	Провести якісну маркетингов у кампанію	Донести специфіку продукту

4.5 Висновки

Отже, існує можливість ринкової комерціалізації проекту, так як існує попит, наявна динаміка ринку та рентабельність роботи на маркеті. Звичайно, існують перспективи впровадження проекту з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, поточну конкуренцію та конкурентноспроможність стартапу. Рационально обрати альтернативу розробку програмного забезпечення та грамотну маркетингову програму для ринкової реалізації проекту. Вважаємо, що подальша імплементація проекту доцільна.

ВИСНОВКИ

Ризик супроводжує нас завжди. Будь-яким фінансовим рішенням завжди властива наявність ризику. Саме на фінансових ринках, а фондовому ринку зокрема, ризики проявляють себе максимально яскраво.

Головна запорука успіху та прибутковості від вкладених інвестицій на фондовому ринку – розуміння взаємозв'язку ризику та потенційного доходу. Одна з основних проблем фінансових установ - оцінка ринкових ризиків, які виникають при постійних випадкових змінах котувань, процентних ставок, курсів обміну валют чи інших ринкових показників.

При фінансовому аналізі, виникає потреба оцінити фінансові ризики до максимально допустимої межі.

Оцінювання рівня ризику – головний етап фінансового аналізу, бо щоб управляти ризиками потрібно першочергово провести аналіз та їх оцінку.

На сьогодні існують різноманітні технології оцінки ринкових ризиків. Наприклад, Value-at-Risk (VaR) , Capital-at Risk, Maximum Loss та ін. Саме перша методологія набула максимальної популярності у фінансових колах. Це найбільш уніфікована міра ризику, визначена стандартами міжнародних організацій.

В даній роботі розглядалась загальна методологія моделювання й прогнозування нестационарних гетероскедастичних фінансових процесів, задіюючи статистичні дані та оцінювання ризикової вартості на основі отриманих результатів. Крім того, проводився огляд сучасних методів оцінювання фінансових, а ринкових зокрема, ризиків, а також моделювання та прогнозування нестационарних гетероскедастичних процесів. В ході дослідження ознайомились з основними критеріями якості при оцінці моделей

опису процесів та якості прогнозування. Цей матеріал став основним при аналізі отриманих результатів.

Такі критерії як коефіцієнт детермінації, інформаційних критерій Акайке, критерій суми квадратів похибок моделі та середньоквадратичної похибки, критерій Дарбіна – Уотсона, критерій Ханна-Куїна, критерій Шварца, стали основними критеріями оцінки якості побудованих моделей. Говорячи про аналіз результатів при прогнозуванні дисперсії моделей, то застосовувались такі критерії якості прогнозу як: MAPE, MAE, коефіцієнт Тейла. Параметри моделі оцінювались із застосуванням метода найменших квадратів.

Останній розділ даного дослідження був присвячен опису стартап – проекту та його детальному аналізу.

В подальших дослідженнях рекомендується оцінити параметри моделей за методом максимальної правдоподібності. Оцінити міру фінансового ризику з тошки іншого боку, застосувавши методології Earning-at-Risk(EaR), Economic value of equity (EVE). Провести стресс-тестування для шоківих випадків. Застосувати різні закони розподілу задля врахування ефекту «тяжких хвостів». Провести аналіз для короткострокових інвестицій. При дейтрейдингу та при торгівлі на after- / pre-market.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кирюшкин В. Основы риск-менеджмента [Текст] / В. Кирюшкин, И. Ларионов. – М.: Анкил, 2009. – 132 с.
2. Балабанов И. Риск-менеджмент [Текст] / И. Балабанов. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 192 с.
3. Методичні вказівки з інспектування банків «Система оцінки ризиків» [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v0104500-04>
4. Методичні рекомендації щодо організації та функціонування систем ризик-менеджменту в банках України [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v0361500-04>
5. Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.bis.org>
6. Киселев В. Управление банковским капиталом: теория и практика [Текст] / В. Киселев. – М.: Экономика, 1997. – 192 с.
7. Ульянова М. Управление рыночным риском [Текст] / М. Ульянова // Молодой ученый. - 2014. - №21.2. - С. 99-102.
8. Лобанов А. Энциклопедия финансового риск-менеджмента [Текст] / А. Лобанов, А. Чугунов. – М.: Альпина Паблишер, 2003. – 786 с.
9. Jorion Ph. Financial risk-management: Second edition [Text] / Ph. Jorion. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2003. – 708 p.
10. Примостка Л. Управління банківськими ризиками [Текст] / Л. Примостка, П. Чуб, Т. Карчева. – К: КНЕУ, 2007. – 600 с.
11. Poon S.-H. A practical guide for forecasting financial market volatility [Text] / Ser Huang Poon. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2005. – 238 p.

12. Giraitis L. Recent advances in ARCH modelling [Text] / Liudas Giraitis, Remigijus Leipus, Donatas Surgailis // *Econometric Theory*. – 2013. - №17. – С. 608-631.
13. Xekalaki E. ARCH Models for Financial Applications [Text] / Evdokia Xekalaki, Stavros Degiannakis. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2010. – 550 p.
14. Бідюк П.І. Моделювання і прогнозування гетероскедастичних процесів // *Системні дослідження та інформаційні технології*. — 2004. — № 1. — С. 115—134.
15. Застосування методу Монте-Карло при оцінюванні фінансових ризиків [Електронний ресурс]. — Режим доступу <https://sibac.info/studconf/econom/xxvii/40330>
16. Еволюція мір ризику інвестиційного портфеля. Сучасні модифікації мір ризику VaR [Електронний ресурс]. — Режим доступу <http://www.beintrend.ru/evolution-var-value-at-risk>
17. Класифікація фінансових ризиків [Електронний ресурс]. — Режим доступу http://studopedia.com.ua/1_251858_klasifikatsiya-finansovih-rizikiv.html
18. Ймовірнісні моделі аналізу ризиків [Електронний ресурс]. — Режим доступу https://www.cfin.ru/finanalysis/monte_carlo2.shtml
19. Модель оценки и управления величины фондового риска [Електронний ресурс]. — Режим доступу <http://min.usaca.ru/uploads/article/attachment/1772>
20. Моделювання за методом Монте-Карло [Електронний ресурс]. — Режим доступу http://www.palisade.com/risk/ru/monte_carlo_simulation.asp
21. Основні принципи управління ризиком [Електронний ресурс]. — Режим доступу http://stud.com.ua/19854/strahova_sprava/osnovni_printsipi_upravlinnya_rizikom

- 22.Поняття й класифікація фінансових ризиків [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.finansystam.ru/uk/content/ponyattya-y-klasifikaciya-finansovih-rizikiv>
- 23.Управління ризиками, системний аналіз і моделювання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://stud.com.ua/24511/menedzhment/upravlinnya_rizikami_sistemniy_analiz_i_modelyuvannya
- 24.Управління фінансовими ризиками. сутність і класифікація фінансових ризиків підприємства. [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://pidruchniki.com/1640022143678/finansi/finansoviy_menedzhment_dodatkov_i_rozdili
- 25.Фінансові ризики на фондовому ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступу https://works.doklad.ru/view/m_cOdeI5Ums.html
- 26.Фінансові ризики на фондовому ринку РК [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://be5.biz/ekonomika1/r2012/2125.htm>
- 27.Фондовий ринок. Суть фондового ринку та його учасників [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://be5.biz/ekonomika1/r2012/2125.htm>
- 28.Що таке фондовий ринок? [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://orderflowtrading.ru/finansovyjj-rynok/fondovyjj-rynok/>

ДОДАТОК А КОД ЗЧИТУВАННЯ ДАНИХ З ESIGNAL

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.ticker as ticker
import mpl_finance
from pandas import read_csv
import statistics
from scipy.stats import kurtosis, skew
from statsmodels.stats.stattools import jarque_bera
import statsmodels

def main():
    quotes = read_csv(r'.\input.csv', ";", decimal=",")
    quotes = quotes[:200].sort_index(ascending=False).reset_index(drop=True)

    ma_21 = []
    ma_50 = []
    ma_100 = []
    profit_margin_list = []

    close_list = []

    for index, row in quotes.iterrows():
```



```
profit_margin_list.append(round((row['Close'] - row['Open']) / row['Open'] *
100, 2))
```

```
if len(close_list) >= 21:
    ma_21.append(round(sum(close_list[-21:]) / 21, 2))
    if len(close_list) >= 50:
        ma_50.append(round(sum(close_list[-50:]) / 50, 2))
        if len(close_list) >= 100:
            ma_100.append(round(sum(close_list[-100:]) / 100, 2))
        else:
            ma_100.append(np.nan)
    else:
        ma_50.append(np.nan)
        ma_100.append(np.nan)
else:
    ma_21.append(np.nan)
    ma_50.append(np.nan)
    ma_100.append(np.nan)
```

```
close_list.append(row['Close'])
```

```
cumm_profit_margin_list = []
```

```
for i, value in enumerate(profit_margin_list):
```

```
    if i != 0:
```

```
        cumm_profit_margin_list.append(value + cumm_profit_margin_list[i-1])
```

```
    else:
```

```
        cumm_profit_margin_list.append(value)
```

```

fig, ax = plt.subplots(3, 2, sharex=True, figsize=(16, 8),
gridspec_kw={'height_ratios': [4, 1, 1],
'width_ratios': [4, 1]})

fig.subplots_adjust(hspace=0)
fig.set_frameon(False)

mpl_finance.candlestick2_ohlc(ax[0][0], opens=quotes['Open'],
highs=quotes['High'], lows=quotes['Low'],
closes=quotes['Close'], width=0.6, colorup='g')

xtime = quotes['Date'].tolist()
ax[0][0].xaxis.set_major_locator(ticker.MaxNLocator(24))

ax[0][0].grid(color='0.8', linestyle='-', linewidth=0.5)
ax[1][0].grid(color='0.8', linestyle='-', linewidth=0.5)
ax[2][0].grid(color='0.8', linestyle='-', linewidth=0.5)

legend_list = []
for i in range(3):
    line, = ax[0][0].plot([ma_21, ma_50, ma_100][i], '-', label=['MA 21', 'MA 50',
'MA 100'][i])
    legend_list.append(line)

def time_convert(x, pos):
    if int(x) < 0:
        return "
    try:
        return xtime[int(x)]
    except IndexError:

```

```

    return "

x = np.arange(len(profit_margin_list))
ax[1][0].bar(x, height=profit_margin_list, label='Profit margin')
ax[2][0].plot(cumm_profit_margin_list, '-', label='Cumm profit margin')

ax[0][0].xaxis.set_major_formatter(ticker.FuncFormatter(time_convert))

fig.autofmt_xdate()
fig.tight_layout()
ax[0][0].legend()
ax[1][0].legend()
ax[2][0].legend()

gs = ax[0, 1].get_gridspec()
# remove the underlying axes
for ax in ax[:, -1]:
    ax.remove()

axbig = fig.add_subplot(gs[1:, -1])
axsmall = fig.add_subplot(gs[:1, -1])

s_mean = round(sum(profit_margin_list)/len(profit_margin_list), 4)
s_median = statistics.median(profit_margin_list)
s_maximum = max(profit_margin_list)
s_minimum = min(profit_margin_list)
s_std_dev = round(statistics.stdev(profit_margin_list), 4)
s_jb = jarque_bera(profit_margin_list)

```

```
s_skewness = round(s_jb[2], 4)
```

```
s_kurtosis = round(s_jb[3], 4)
```

```
s_jb = round(s_jb[0], 4)
```

```
axsmall.axis('off')
```

```
axbig.hist(profit_margin_list, color='blue', edgecolor='black', bins=int(180/5))
```

```
axsmall.annotate('Series: RATE_OF_RETURN \n\n'
```

```
    'Mean: %s \n'
```

```
    'Median: %s \n'
```

```
    'Maximum: %s \n'
```

```
    'Minimum: %s \n'
```

```
    'Std. Dev.: %s \n'
```

```
    'Skewness: %s \n'
```

```
    'Kurtosis: %s \n\n'
```

```
    'Jarque-Bera: %s' %(s_mean, s_median, s_maximum, s_minimum,  
                        s_std_dev, s_skewness, s_kurtosis, s_jb), (0.1, 0.1))
```

```
plt.draw()
```

```
plt.waitforbuttonpress()
```

```
main()
```